Briefe

an eine

deutsche Prinzessinn

über verschiedene Gegenstände

aus der Physik und Philosophie.

Aus dem Französischen übersetzt.

Erster Theil.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Zweyte Auflage.

Leipzig,

bey Johann Friedrich Junius, 1773.

Briefe

an eine

deutsche Prinzessinn

über verschiedene Gegenstände

aus der Physik und Philosophie.

Aus dem Französischen übersetzt.

Erster Theil.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Zweyte Auflage.

Leipzig,
bey Johann Friedrich Junius, 1773.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Inhalt des ersten Theils.

Erster Brief. Von der Ausdehnung. S. 1
Zweyter Brief. Von der Geschwindigkeit. S. 4
Dritter Brief. Von dem Schalle und seiner Geschwindigkeit. S. 7
Vierter Brief. Von den Consonanzen und Dissonanzen. S. 10
Fünfter Brief. Von dem unisono und den Octaven. S. 13
Sechster Brief. Von andern Consonanzen. S. 16
Siebenter Brief. Von den zwölf Tönen des Claviers. S. 20
Achter Brief. Ueber das Vergnügen der Musik. S. 24
Neunter Brief. Von der Zusammendrückung der Luft. S. 28
Zehnter Brief. Von der Verdünnung und der Elasticität der Luft. S. 31
Eilfter Brief. Von der Schwere der Luft. S. 35
Zwölfter Brief. Von der Atmosphäre und dem Barometer. S. 38
Dreyzehnter Brief. Von den Windbüchsen und dem Stande der Pressung der Luft im Schießpulver S. 41
Vierzehnter Brief. Von der Wirkung der Wärme und Kälte auf die Körper, den Pyrometern und Thermometern. S. 44

Funfzehnter Brief. Von den Veränderungen, die durch Wärme und Kälte in der Atmosphäre hervor gebracht werden. S. 47

Sechszehnter Brief. Warum man an allen Orten und zu allen Jahreszeiten auf sehr hohen Bergen und in tiefen Kellern einen gleichen Grad von Kälte empfindet. S. 50

Siebenzehnter Brief. Von den Lichtstralen; dem Cartesianischen und Newtonschen System. S. 54

Achtzehnter Brief. Von den Unbequemlichkeiten des letztern Systems der Emanation. S. 57

Neunzehnter Brief. Erklärung eines andern Systems über die Natur der Stralen und des Lichts. S. 61

Zwanzigster Brief. Ueber die Fortpflanzung des Lichts. S. 65

Ein und zwanzigster Brief. Ausschweifung über die Größe der Welt. Ferner von der Natur und den Stralen der Sonne. S. 68

Zwey und zwanzigster Brief. Weitere Erklärung der selbst leuchtenden Körper, und ihr Unterschied von den erleuchteten. S. 72

Drey und zwanzigster Brief. Von der Art und Weise wie die dunkeln Körper uns sichtbar werden, und Erklärung der Newtonschen Meynung, daß es durch die Zurückwerfung der Stralen geschehe. S. 75

Vier und zwanzigster Brief. Untersuchung und Widerlegung dieser Meynung. S. 79

Fünf und zwanzigster Brief. Andere Erklärung, wie dunkle erleuchtete Körper uns sichtbar werden. S. 83

Sechs und zwanzigster Brief. Fortsetzung dieser Erklärung. S. 86

Sieben und zwanzigster Brief. Ende dieser Erklärung, und von der Helle und den Farben dunkler Körper. S. 89

Acht und zwanzigster Brief. Von der Natur der Farben insbesondere. S. 93

Neun und zwanzigster Brief. Von der Durchsichtigkeit der Körper. S. 97

Dreyßigster Brief. Von dem Durchgange der Lichtstralen durch durchsichtige Mittel, und von ihrer Brechung. S. 100

Ein und dreyßigster Brief. Von der Brechung der Stralen von verschiedenen Farben. S. 105

Zwey und dreyßigster Brief. Von dem Blaue des Himmels. S. 109

Drey und dreyßigster Brief. Von der Schwächung der Stralen, die von einem entfernten leuchtenden Punkte auslaufen; und über den Sehewinkel. S. 112

Vier und dreyßigster Brief. Von dem was das Urtheil in der Empfindung des Sehens ergänzt. S. 116

Fünf und dreyßigster Brief. Erklärung einiger Erscheinungen beym Sehen. S. 119

Sechs und dreyßigster Brief. Vom Schatten. S. 122

Sieben und dreyßigster Brief. Von der Katoptrik und insbesondere der Zurückwerfung der Stralen von ebenen Spiegeln. S. 127

Acht und dreyßigster Brief. Von der Zurückwerfung der Stralen von erhabenen und Hohlspiegeln; und von den Brennspiegeln. S. 131

Neun und dreyßigster Brief. Von der Dioptrik. S. 136

Vierzigster Brief. Fortsetzung derselben Materie; insbesondere von den Brenngläsern und ihren Brennpunkten. S. 140

Ein und vierzigster Brief. Von dem Sehen und der Structur des Auges. S. 143

Zwey und vierzigster Brief. Fortsetzung und Betrachtung der Wunder in der Structur des Auges. S. 146

Drey und vierzigster Brief. Fortsetzung, und insbesondere von der großen Verschiedenheit zwischen dem Auge eines Thieres, und einem künstlichen Auge oder einem verfinsterten Zimmer. S. 149

Vier und vierzigster Brief. Von den andern Vollkommenheiten, die man in der Structur des Auges findet. S. 153

Fünf und vierzigster Brief. Von der Schwere, als einer Eigenschaft aller Körper die wir kennen. S. 155

Sechs und vierzigster Brief. Fortsetzung dieser Materie, und insbesondere von der specifiquen Schwere. S. 158

Sieben und vierzigster Brief. Von einigen Wörtern und Redensarten, die sich auf die Schwere der Körper beziehen und von der wahren Bedeutung derselben. S. 162

Acht und vierzigster Brief. Beantwortung einiger Einwürfe gegen die kugelförmige Gestalt der Erde, die von der Schwere hergenommen sind. S. 165

Neun und vierzigster Brief. Von der wahren Richtung und der Wirkung der Schwere in Absicht der Erde. S. 169

Funfzigster Brief. Von der verschiedenen Wirkung der Schwere insbesondere, in Ansehung der verschiedenen Gegenden und Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde. S. 173

Ein und funfzigster Brief. Von der Schwere des Mondes. S. 176

Zwey und funfzigster Brief. Von der Entdeckung der allgemeinen Gravitation durch Newton. S. 179

Drey

Drey und funfzigster Brief. Fortsetzung von der gegenseitigen Anziehung der himmlischen Körper. S. 183

Vier und funfzigster Brief. Von den verschiedenen Meynungen der Philosophen über die allgemeine Gravitation und insbesondere von den Attractionisten. S. 186

Fünf und funfzigster Brief. Von der Kraft, mit welcher alle himmlische Körper sich unter einander anziehen. S. 189

Sechs und funfzigster Brief. Von eben der Materie. S. 191

Sieben und funfzigster Brief. Fortsetzung. S. 194

Acht und funfzigster Brief. Von der Bewegung der himmlischen Körper, und der Art, wie man dieselbe durch die Gesetze der allgemeinen Gravitation bestimmen kann. S. 196

Neun und funfzigster Brief. Vom Weltsystem. S. 199

Sechzigster Brief. Ueber eben die Materie. S. 202

Ein und sechzigster Brief. Von den kleinen Unregelmäßigkeiten, die man in den Bewegungen der Planeten wahrnimmt, und die durch ihre gegenseitige Attraction verursacht werden. S. 205

Zwey und sechzigster Brief. Beschreibung der Ebbe und Fluth. S. 208

Drey und sechzigster Brief. Von den verschiedenen Meynungen der Philosophen über Ebbe und Fluth. S. 211

Vier und sechzigster Brief. Ausführliche Erklärung dieser Erscheinung durch die anziehende Kraft des Mondes. S. 214

Fünf und sechzigster Brief. Fortsetzung. S. 218

Sechs und sechzigster Brief. Fortsetzung. S. 221

Sieben und sechzigster Brief. Fortsetzung. S. 224

Acht

Acht und sechzigster Brief. Umständlichere Erzählung des Streites der Philosophen über die allgemeine Gravitation. S. 228

Neun und sechzigster Brief. Von der Natur und dem Wesen der Körper; oder von der Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit der Körper. S. 231

Siebenzigster Brief. Von der Undurchdringlichkeit der Körper insbesondere. S. 234

Ein und siebenzigster Brief. Von der Bewegung und der wahren und scheinbaren Ruhe. S. 237

Zwey und siebenzigster Brief. Von der gleichförmigen, beschleunigten und aufgehaltenen Bewegung. S. 241

Drey und siebenzigster Brief. Von dem vornehmsten Gesetze der Bewegung und Ruhe, und von dem Streite der Philosophen über diese Materie. S. 245

Vier und siebenzigster Brief. Von der Trägheit der Körper und von der Kraft. S. 249

Fünf und siebenzigster Brief. Von den Veränderungen, die in dem Zustande eines Körpers vorgehen können. S. 252

Sechs und siebenzigster Brief. Von dem Wolfischen System der Monaden. S. 255

Sieben und siebenzigster Brief. Von dem Ursprunge und der Natur der Kräfte. S. 258

Acht und siebenzigster Brief. Ueber eben diese Materie, und von dem Grundsatze der kleinsten Wirkung. S. 262

Neun und siebenzigster Brief. Ueber die Frage: ob es noch andere Arten von Kräften gebe? S. 265

Briefe

Briefe
an eine
Prinzessinn in Deutschland
über verschiedene Gegenstände
aus der
Physik und der Philosophie.

Erster Brief.

Da die Hoffnung, meine Unterweisungen in der Geometrie bey Ew. H. fortsetzen zu können, von neuem weiter hinausgesetzt zu seyn scheint: (ein in der That für mich sehr empfindlicher Aufschub,) so wünschte ich, so gut als es die Natur der Sachen erlaubt, diesen Mangel schriftlich zu ersetzen. Dazu werde ich einen Versuch machen, indem ich Ew. H. den eigentlichen Begrif erkläre, den man sich von der Größe zu machen hat, wenn man darunter die kleinsten sowohl als die größten Räume begreift, die man wirklich in der Welt findet. Vor allen Dingen muß man ein gewisses Maaß festsetzen, das unsern Sinnen angemessen ist, und von dem wir einen klaren Begrif haben können; wie z. E. das Maaß eines Fußes. Diese Länge, wenn sie einmal festgesetzt und vor Augen gestellt ist, kann uns nunmehr zu Begriffen von jeder andern Länge der größten sowohl

 als

als der kleinsten verhelfen. Der einen, indem wir bestimmen, wie viel Füße sie enthält; der andern, indem man bestimmt, was für ein Theil des Fußes auf sie kommt. Denn wenn man einmal die Idee eines Fußes hat, so hat man auch eine von seiner Hälfte, seinem Viertheil, seinem zwölften Theile, welches ein Zoll ist; von seinem hundersten und tausendsten Theile, welcher so klein ist, daß er beynahe nicht mehr gesehen wird. Man muß aber bedenken, daß es Thiere giebt, die nichts größer sind, die doch ihre Glieder haben, in denen ihr Blut fließt, und die wahrscheinlicher Weise wieder andere Insecten enthalten, die in Absicht auf sie eben so klein sind, als sie in Vergleichung mit uns: man sieht also, daß die kleinsten Größen wirklich in der Welt existiren, und daß sie sich noch in viel kleinere Theile eingetheilt finden. So z. E. ob gleich der 10000ste Theil eines Fußes für uns unmerklich ist: so übertrifft er doch die Größe eines solchen ganzen Thieres, und müßte ihm also sehr groß scheinen, wenn es einige Kenntniß hätte. Aber wir wollen von diesen kleinen Größen, bey denen sich unser Geist verliert, zu größern fortgehn. Ew. H. kennt die Länge einer Meile. Man rechnet 18 von hier bis Magdeburg; man schätzet eine Meile 24000 Fuß, und man bedient sich ihrer, die Weite der Oerter auf der Erde abzumessen, um die gar zu großen Zahlen zu ersparen, wenn man sich des Fußes bedienen wollte. Weis man also einmal, daß eine Meile 24000 Fuß hat, so hat man einen klärern Begriff, wenn man sagt, Magdeburg ist 18 Meilen von Berlin, als wenn man sagte, daß diese Weite 432000 Füsse betrüge, weil eine so große Zahl unsern Verstand beynah in Verwirrung setzt. Eben so bekommt man eine richtige Vorstellung von der Größe der ganzen Erde, wenn man erfährt, daß der Umfang der Erde 5400 Meilen enthalte. Da nun die Erde die Figur einer Kugel hat, so wird der Durchmesser dieser

Kugel auf 1720 Meilen gerechnet, welches uns einen richtigen Begrif von dem Diameter der Erde giebt, dessen man sich hernach bedient, die größten Entfernungen, die man am Himmel findet, zu messen. Unter den himmlischen Körpern ist der Mond uns am nächsten, indem seine Entfernung von der Erde nicht mehr als ungefehr 30 Erddiameter beträgt, welches 51000 Meilen, oder 1,238,400,000 Füße macht; aber das erste Maaß von 30 Erddiametern ist das klärste. Die Sonne ist ungefehr 300 mal weiter als der Mond; ihre Entfernung also von 9000 Erddiametern, giebt uns eine deutlichere Kenntniß, als wenn wir sie in Meilen oder in Füßen ausdrücken wollten. Ew. H. wissen, daß die Erde sich in der Zeit von einem Jahre um die Sonne dreht, und daß die Sonne in Ruhe bleibt. Nun giebt es außer der Erde noch fünf andere ähnliche Körper, die man Planeten nennt, die ebenfalls um die Sonne herumgehen; aber entweder in kleinern Entfernungen, wie Mercur und Venus, oder in größern, wie Mars, Jupiter und Saturn. Alle übrige Sterne, die Kometen ausgenommen, heißen Fixsterne, deren Entfernung ohne Vergleich größer ist, als der Sonne ihre. Ihre Entfernungen von uns sind ohne Zweifel sehr ungleich; daher kommt es, daß einige uns grösser scheinen als die andern. Aber der, welcher uns der nächste ist, ist gewiß mehr als 5000 mal weiter entfernt als die Sonne; und also übertrifft seine Entfernung 45,000,000 Erddiameter; in Meilen wird sie 77,400,000,000 seyn; endlich diese Zahl durch 24000 multiplicirt, wird diese ungeheure Distanz in Füßen geben. Und doch ist das bloß die Weite der Fixsterne, die uns am nächsten sind; und die entferntesten, die wir sehen, werden wohl noch hundertmal so weit entfernt seyn. Unterdessen stellt man sich vor, daß alle diese Sterne zusammen genommen, nur einen sehr kleinen Theil der ganzen Welt ausmachen; in Vergleichung mit welcher

diese erschrecklichen Welten nicht größer sind, als Sandkörner in Ansehung der Erde. Dieser ganze unermeßliche Raum ist das Werk des Allmächtigen, der die größten Körper wie die kleinsten regiert.

Berlin den 19 April 1760.

Zweyter Brief.

In der Hoffnung, Ew. H. werde die Fortsetzung meiner Unterweisungen genehm halten, von denen ich mir den letzten Posttag die Freyheit nahm Ihnen eine Probe vorzulegen, will ich jetzt den Begrif der Geschwindigkeit aus einander setzen, die eine besondere Gattung von Größe ist, da sie sich vermehren und vermindern läßt. Wenn eine Sache versetzt wird, oder wenn sie von dem einen Orte zu dem andern geht, so schreiben wir ihr eine Geschwindigkeit zu. Ein Courier zu Pferde und ein Bote zu Fuß gehen von Berlin nach Magdeburg; man denkt sich bey dem einen und bey dem andern eine gewisse Geschwindigkeit, aber man sagt, daß die Geschwindigkeit des erstern größer ist als des andern seine. Es kommt also darauf an, zu untersuchen, worinn der Unterschied bestehe, den wir zwischen diesen beyden Geschwindigkeiten annehmen. Der Weg kann es nicht seyn, denn der ist für beyde Couriers derselbe; sondern der Unterschied liegt ganz augenscheinlich in der Zeit, die beyde zu eben demselben Wege brauchen. Die Geschwindigkeit des Couriers ist also größer, weil er weniger Zeit braucht den Weg von Berlin nach Magdeburg zu durchlaufen; und die Geschwindigkeit des Boten ist geringer, weil er mehr Zeit zu eben dem Wege anwendet. Daraus also ist klar: um sich eine gehörige Idee von der Geschwindigkeit zu machen, muß man auf zwey Arten von Größe zu gleicher Zeit Acht haben; auf den Weg der zurück gelegt worden, und auf die Zeit die verlaufen ist. Also, ein

ein Körper, der in derselben Zeit doppelt so viel Weg zurück legt, hat eine doppelt so große Geschwindigkeit; und wenn er in derselben Zeit einen dreymal größern Weg durchläuft, so wird seine Geschwindigkeit dreymal größer geschätzt u. s. w. Man wird also die Geschwindigkeit eines Körpers wissen, wenn man den Weg weis, den er in einer gewissen Zeit durchläuft. So, um die Geschwindigkeit meines Ganges zu wissen, wenn ich nach Lützow *) gehe, habe ich bemerkt, daß ich 120 Schritte in einer Minute mache, und beträgt einer von meinen Schritten $2\frac{1}{2}$ Fuß; also ist meine Geschwindigkeit von der Art, daß ich einen Weg von 300 Fuß in einer Minute durchlaufe, und in einer Stunde vollbringe ich einen sechzigmal größern Weg, oder 18000 Füße, welches noch keine Meile beträgt, die 24000 Fuß enthält, und zu der ich also 1 Stunde 20 Minuten nöthig hätte. Also, wenn ich von hier nach Magdeburg gehen wollte, so würde ich gerade 24 Stunden brauchen. Hier habe ich demnach einen genauen Begrif von der Geschwindigkeit, mit der ich zu gehen im Stande bin; uud daraus begreift man leicht, was eine größere oder kleinere Geschwindigkeit sey. So, wenn ein Courier von hier nach Magdeburg in 12 Stunden gienge, so wäre seine Geschwindigkeit zweymal so groß als meine. Wir werden in der Welt einen sehr großen Unterschied unter den Geschwindigkeiten gewahr. Eine Schildkröte giebt uns ein Beyspiel einer sehr kleinen Geschwindigkeit. Wenn sie nur 1 Fuß in einer Minute macht, so hat sie eine dreyhundert mal kleinere Geschwindigkeit als ich, weil ich 300 Fuß in einer Minute zurück lege. Wir kennen aber auch viel größre Geschwindigkeiten; die Geschwindigkeit des Windes ist sehr veränderlich. Ein mittelmäßiger Wind macht 10 Fuß in einer Secunde, oder 600 Fuß in einer Minute; er läuft also noch einmal so geschwind als ich.

*) Ein Dorf, eine Meile von Berlin.

Ein Wind, der 20 Fuß in einer Secunde, also 1200 in einer Minute durchläuft, muß schon ziemlich stark seyn. Ein Wind, der 50 Fuß in einer Secunde macht, ist sehr heftig, obgleich seine Geschwindigkeit nicht mehr als zehnmal größer ist als die meinige, und er 2 Stunden 24 Minuten braucht, um von hier nach Magdeburg zu wehen. Nach ihm kommt die Geschwindigkeit des Schalls, der in einer Secunde 1000 Fuß macht, und also 60,000 Fuß in einer Minute. Sie ist also 200 mal größer, als die Geschwindigkeit, mit der ich gehe. Und wenn man eine Kanone zu Magdeburg abschösse, und es wäre möglich, daß der Schall bis nach Berlin käme, so würde er nicht eher als nach sieben Minuten ankommen. Eine Kanonenkugel bewegt sich ungefehr mit eben der Geschwindigkeit; wenn man aber die stärkste Ladung nimmt, so rechnet man, daß sie 2000 Fuß in einer Secunde, und also 12,000 in einer Minute durchlaufen könnte. Diese Geschwindigkeit scheint uns ungeheuer, ob sie gleich nicht mehr als 400 mal die, mit der ich nach Lißow gehe, übertrifft; und daß ist auch die größte Geschwindigkeit, die man hier auf der Erde antrifft. Aber am Himmel giebt es weit größre Geschwindigkeiten, ob uns gleich seine Bewegungen ganz ruhig scheinen. Ew. H. wissen, daß die Erde sich in 24 Stunden um ihre Axe dreht; also durchläuft unter dem Aequator die Geschwindigkeit einen Raum von 5,400 Meilen in 24 Stunden, während welcher Zeit ich nicht mehr als 18 Meilen durchlaufen kann. Diese Geschwindigkeit ist also 300 mal größer als die meinige, und also kleiner als die größte Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Nun bewegt sich die Erde um die Sonne innerhalb eines Jahres, und mit dieser Geschwindigkeit durchläuft sie 128,250 Meilen in 24 Stunden, und diese Geschwindigkeit ist also achtzehnmal schneller als die einer Kanonenkugel. Die größte Geschwindigkeit, die wir kennen, ist ohne Zweifel

sel die Geschwindigkeit des Lichts, das 2,000,000 Meilen jede Minute durchläuft, und die also 400,000 mal die von der Kanonenkugel übertrift.

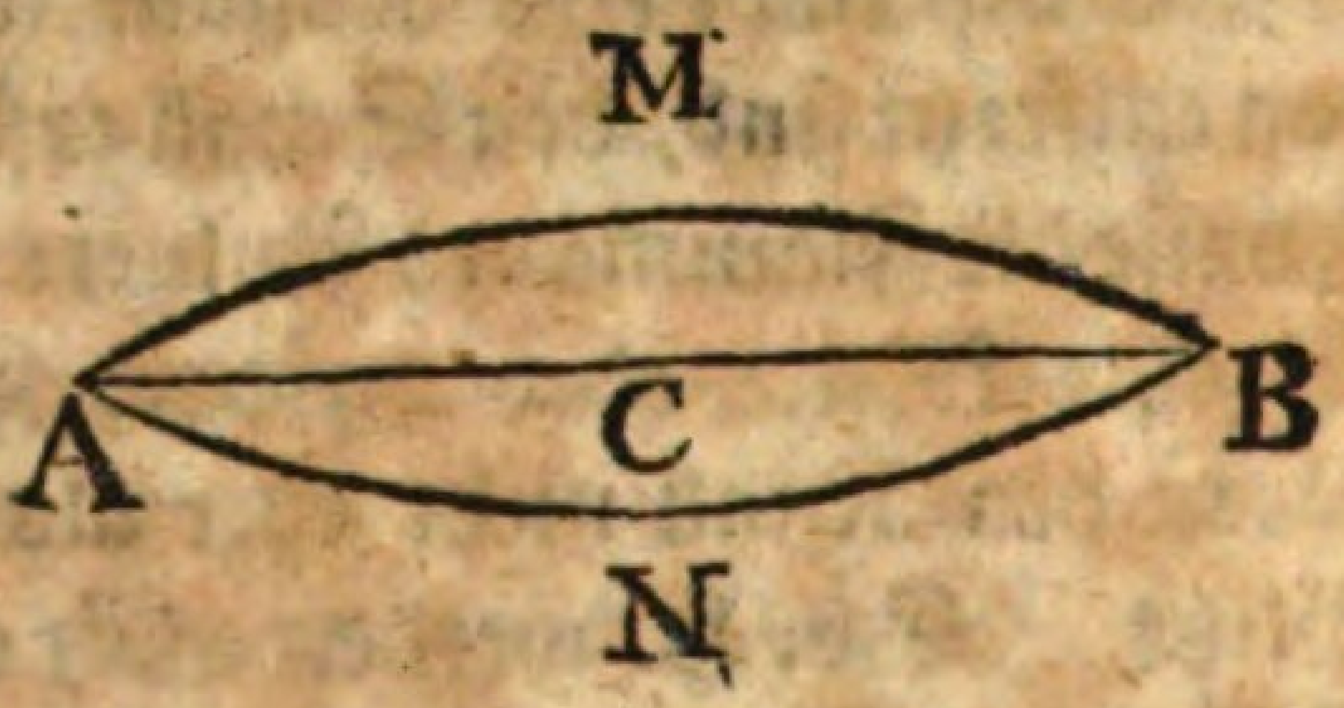
den 22 April 1760.

Dritter Brief.

Die Erklärung über die verschiedenen Grade der Geschwindigkeiten, die ich mir die Freyheit genommen habe, Ew. H. vorzutragen, führt mich auf die Betrachtung des Tons und eines jeden Geräusches überhaupt; indem ich bemerkt habe, daß immer einige Zeit vorbey geht, ehe er bis zu unseren Ohren kommt; und daß diese Zeit um desto länger ist, je entfernter der Ort ist, woher der Schall kommt, so daß, um sich auf die Weite von 1000 Fuß fortzupflanzen, er eine Secunde Zeit braucht.

Wenn man eine Kanone löst, so hören die, die davon entfernt sind, den Schall erst einige Zeit hernach, nachdem sie die Flamme des Pulvers gesehen haben. Die, welche eine Meile oder 24,000 Fuß davon entfernt sind, hören den Knall nicht eher als 24 Secunden nach dem Blitze. Ew. H. werden auch oft bemerkt haben, daß der Schall des Donners erst einige Zeit nach dem Blitze zu unsern Ohren kommt; und daraus kann man beurtheilen, wie weit der Ort von uns sey, wo sich der Donner erzeugt hatte. Wenn wir z. E. bemerken, daß zwischen dem Blitze und dem Donner zwanzig Secunden verlaufen, so können wir schlüßen, daß der Ort des Gewitters zwanzigmal 1000 Fuß von uns entfernt ist, wenn man auf jede Secunde Zeit 1000 Fuß Entfernung rechnet. Diese merkwürdige Eigenschaft führt uns zu der Frage: worinn denn der Schall bestehe? ob die Natur des Schalls der Natur des Geruchs ähnlich sey? oder ob der Schall sich auf eben die Art von dem schallenden Körper, wie von einer Blume ihr Geruch, ausbreite, indem sie die

Luft mit seinen Ausdünstungen erfüllt, die geschickt sind unsere Geruchsnerven zu reizen. Im Alterthume kann man vielleicht eine solche Vorstellung gehabt haben; aber jetzo sind wir sehr überzeugt, daß, wenn eine Glocke schlägt, nicht das geringste von ihr ausfließe, das in unsere Ohren gebracht würde; oder daß kein Körper, der schallt, etwas von seiner Substanz verliere. Man darf nur eine Glocke, wenn sie geschlagen, oder eine Saite, wenn sie gekneipt wird, ansehen, um gewahr zu werden, daß der Körper sich alsdann in einem Zittern und einer Erschütterung befindet, von der alle seine Theile in Bewegung sind. Und jeder Körper, der einer solchen Erschütterung in seinen Theilen fähig ist, bringt auch einen Ton hervor. In einer Saite, die nicht gar zu klein ist, kann man diese Erschütterungen oder Schwingungen sehen, durch die die gespannte Saite ACB wechselsweise in die Lage AMB und ANB kommt, die ich beyde weit sichtbarer vorgestellt habe, als sie in der That sind. Ferner muß man bemerken, daß diese Schwingungen die angrenzende Luft in eine ähnliche Schwingung bringen, die sich nach und nach den entferntern Theilen der Luft mittheilt, bis sie endlich unsere Werkzeuge des Gehörs berühren.



Die Luft ist es also, die diese Schwingungen bekommt, und die sie bis zu meinen Ohren fortpflanzt. Hieraus ist klar, daß der Schall nicht anders empfunden wird, als wenn unsere Ohren durch die Erschütterungen gerührt werden, die sich in der Luft finden, und die sich unserm Werkzeuge des Gehörs mittheilen; und wenn wir den Schall einer gekneipten Saite hören, so bekommen unsere Ohren eben so viel Schläge als die Saite Schwingungen in derselben Zeit gemacht hat. Also, wenn

wenn die Saite in einer Secunde 100 Schwingungen macht, so bekommt auch unser Ohr 100 Schläge in einer Secunde, und die Empfindung dieser Schläge ist es, die man den Schall nennt. Wenn diese Schläge gleichförmig auf einander folgen, oder wenn die Zwischenräume alle gleich sind: so ist der Schall ein regelmäßiger Ton, und so, wie man ihn in der Musik fordert. Aber wenn diese Schläge in ungleichen Zeiten auf einander folgen, oder wenn ihre Zwischenräume ungleich sind, so entsteht daraus ein unordentliches Geräusch, das zur Musik ganz ungeschickt ist. Wenn ich ein wenig aufmerksamer die musikalischen Töne, deren Schwingungen gleichförmig geschehen, untersuche, so bemerke ich zuförderst: wenn die Schwingungen so wie die Schläge, die das Ohr davon treffen, stärker oder schwächer sind, so entsteht daraus kein andrer Unterschied in dem Ton, als daß er stärker oder schwächer wird; und das ist der Unterschied, den die Musici durch die Wörter forte und piano anzeigen. Aber ein weit wesentlicherer Unterschied ist es, wenn die Schwingungen schneller oder langsamer sind, oder wenn mehr oder weniger in einer Secunde geschehen. So, wenn eine Saite in einer Secunde 100 Schwingungen macht, und eine andere macht in einer Secunde 200, so sind ihre Töne wesentlich von einander unterschieden, der erste wird gröber oder tiefer, der andere feiner oder höher seyn. Das ist also der wahre Unterschied unter den hohen und tiefen Tönen, auf dem die ganze Musik beruhet; als welche die Töne vermischen lehrt, die von einander, in Ansehung der Höhe und Tiefe, verschieden sind, aber in so einer Verbindung, daß daraus eine angenehme Harmonie entsteht. Nun geschehen bey den tiefen Tönen weniger Schwingungen in gleichen Zeiten als bey den hohen, und jeder Ton auf dem Clavier enthält eine gewisse und bestimmte Anzahl von Schwingungen, die in einer Secunde vollbracht werden.

So macht der Ton, der mit dem Buchstaben C bezeichnet wird, ohngefähr 100 Schwingungen in einer Secunde, und der Ton, den man durch den Buchstaben $\overline{\overline{\overline{c}}}$ bezeichnet, giebt 1600 Schwingungen in einer Secunde. Also eine Saite, die 100 mal in einer Secunde zittert, wird gerade den Ton C geben, und wenn sie nur 50 mal zitterte, so würde der Ton noch tiefer seyn. Für unsre Ohren nun giebt es gewisse Grenzen, über die hinaus die Töne nicht mehr zu unterscheiden sind. Es scheint, daß wir einen Ton, der weniger als 20 Schwingungen in einer Secunde macht, der zu großen Tiefe wegen nicht mehr empfinden können, und eben so wenig einen Ton, der mehr als 4000 Schwingungen in einer Secunde macht, seiner zu großen Höhe wegen.

den 26 April 1760.

Vierter Brief.

Ew. H. haben den Faden meiner Gedanken auf eine höchst gnädige Art unterbrochen. — — — Ich kehre also mit einem Herzen voller Dankbarkeit zu meiner Materie zurück. Ich habe angemerkt, daß, wenn man einen einfachen musikalischen Ton hört, unser Ohr von einer Reihe von Schlägen gerührt wird, die gleichweit von einander entfernt sind; deren Menge, oder die Anzahl, die in einer gewissen bestimmten Zeit vollbracht wird, den Unterschied zwischen den hohen und tiefen Tönen ausmacht, so daß, je kleiner die Anzahl der Schwingungen oder der Schläge ist, die in einer gewissen Zeit, z. E. einer Minute, hervorgebracht werden, desto tiefer der Ton, und je größer diese Anzahl, desto höher der Ton sey. Die Empfindung also bey einem einzelnen musikalischen Tone kann man mit einer Reihe gleichweit von einander entfernter Punkte vergleichen. . . . . Wenn die Zwischenräume zwischen

schen diesen Punkten größer oder kleiner sind, so wird der Ton, der dadurch vorgestellt wird, höher oder tiefer seyn. Es ist auch ganz unstreitig die Empfindung bey einem einzelnen Tone dem Anblick einer solchen Reihe von gleichentfernten Punkten ähnlich oder analogisch; und man kann also durch dieses Mittel den Augen eben die Sache vorstellen, die die Ohren empfinden, wenn sie einen Ton hören. Wenn die Entfernungen der Punkte nicht gleich und die Punkte unordentlich nebeneinander gesetzt wären: so würde das die Vorstellung eines verwirrten und übellautenden Geräusches seyn. Das voraus gesetzt, wollen wir sehen, was für eine Wirkung zwey Töne, die zu gleicher Zeit gehört werden, auf das Ohr thun müssen. Zuerst ist klar, daß, wenn beyde Töne einerley sind, oder jeder gleichviel Schwingungen in derselben Zeit enthält, das Ohr von beyden eben so, wie von einem einzigen afficirt wird. In der Musik sagt man, daß diese Töne all' unisono sind, welches der einfachste Accord ist, wenn man unter dem Accord die Vermischung zweyer oder mehrerer Töne versteht, die auf einmal gehört werden. Aber wenn diese zwey Töne in Absicht der Höhe und Tiefe verschieden sind, so wird man eine Vermischung von zwey Folgen von Schlägen gewahr werden, wovon jede gleiche Intervalle, aber die eine größre hat als die andre; die ersten gehören für den hohen, die andern für den tiefen Ton. Eine solche Vermischung, oder ein Accord zweyer Töne kann durch zwey Reihen von Punkten vorgestellt werden, die in zwey Linien ab und cd gestellt sind.

```
  1   2   3   4   5   6   7   8   9   10   11
a·   ·   ·   ·   ·   ·   ·   ·   ·   ·    ·b
c.  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .  .d
  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12
```

Um von diesen beyden Reihen eine genaue Vorstellung zu haben, muß man die Ordnung, die darinn herrscht,

oder

oder welches einerley ist, das Verhältniß unter den Zwischenräumen der einen und der andern Linie, bemerken. Wenn man die Punkte beyder Linien numerirt hat, und 1 unter die 1 setzt, so wird die 2 nicht mehr vollkommen unter die 2 kommen; die 3 noch weniger; sondern man sieht, daß die Zahl 11 oben sich gerade über der 12 unten befindet; waraus man sieht, daß der höhere Ton 12 Schwingungen vollendet, indem der tiefere nur 11 macht. Aber ohne die Zahlen dazu zu schreiben, würden die Augen diese Ordnung nicht gewahr werden; und eben so schwer würden die Ohren die Ordnung der beyden Töne, die ich durch diese beyden Reihen von Punkten vorgestellt habe, bemerken. Aber in dieser Figur

sieht man auf den ersten Blick, daß die obere Linie zweymal so viel Punkte als die unter enthält, oder daß die Zwischenräume in der untern Linie zweymal größer als in der obern sind. Nach dem unisono ist das ohne Zweifel der einfachste Fall, wo man leicht die Ordnung in diesen zwey Reihen von Punkten entdecken kann, und eben so ist es mit den zwey Tönen, die durch diese beyden Reihen von Punkten vorgestellt werden, und deren einer zweymal mehr Schwingungen macht als der andere. Das Ohr wird das schönste Verhältniß, das unter diesen beyden Tönen ist, leicht gewahr werden, da in dem vorhergehenden Falle das Urtheil sehr schwer, wo nicht unmöglich war. Wenn also das Ohr leicht das Verhältniß gewahr wird, daß sich unter zwey Tönen befindet, so heißt ihre Zusammenstimmung eine Consonanz; ist dieses Verhältniß schwer oder unmöglich zu entdecken, so heißt der Accord eine Dissonanz. Die einfache Consonanz ist also die, wo der hohe Ton gerade zweymal so viel Schwingungen macht als der tiefe. Diese Consonanz heißt in der Musik eine Octave. Jedermann

mann weis die Stärke derselben; und zwey Töne, die um eine Octave unterschieden sind, harmoniren so sehr, und sind sich einander so ähnlich, daß die Tonkünstler sie mit einerley Buchstaben bezeichnen. Wir sehen auch, daß in der Kirche die Weibspersonen gemeiniglich eine Octave höher singen als die Männer, und doch in einerley Ton zu seyn glauben. Ew. H. werden sich leicht auf einem Claviere von dieser Wahrheit versichern, und werden den schönen Accord, der unter allen Tönen ist, die um eine Octave von einander entfernt sind, gewahr werden, da indessen alle übrige Töne, ohne Ausnahme, nicht so gut klingen.

den 29 April 1760.

Fünfter Brief.

Ew. H. haben also gesehen, daß der Accord, den die Tonkünstler eine Octave nennen, auf eine so unterscheidende Art ins Ohr fällt, daß man die kleinste Abweichung leichtlich bemerkt. So, wenn man den deutlichen Ton F angiebt, so kann man den Ton f, der eine Octave höher, sehr leicht nach dem bloßen Gehör stimmen; und wenn die Saite vom Ton f nur ein wenig zu hoch oder zu niedrig ist, so wird das Ohr gleich dadurch beleidigt; nichts ist leichter, als sie vollkommen einstimmend zu machen. So sehen wir, daß jedermann, wenn er singt, leicht von einem Tone in einen andern kommt, der eine Octave höher oder tiefer ist. Aber wenn man aus dem Ton F in den Ton d z. E. übergehen soll, so fehlt ein mittelmäßiger Sänger sehr leicht, wenn ihm nicht von einem Instrumente geholfen wird; und es ist beynahe unmöglich, wenn man den Ton F festgesetzt hat, den Ton d auf einmal darnach zu stimmen. Was ist nun wohl der Grund von der Schwürigkeit, daß es so leicht ist, mit dem Ton F den Ton f, und so schwer, mit ihm den

Ton d einzustimmen. Dieser Grund fällt nach dem, was ich Ew. H. in meinen letzten Anmerkungen erklärt habe, in die Augen. Der Ton F und der Ton f machen zusammen eine Octave; oder die Anzahl der Schwingungen des Tons f ist gerade das Doppelte von den Schwingungen des Tons F. Um diesen Accord zu bemerken, darf man nur das Verhältniß von eins zu zwey empfinden, das so, wie es durch die Vorstellung der Punkte, deren ich mich zuvor bedient habe, in die Augen fällt, die Ohren auf eine ähnliche Art afficirt. Nun wird Ew. H. leicht begreifen, je einfacher ein Verhältniß, oder durch je kleinere Zahlen es ausgedrückt ist, desto deutlicher stellt es sich dem Verstande dar, und desto mehr Gefühl von Vergnügen erweckt es. Die Baumeister beobachten diese Maxime auch mit der größten Sorgfalt, indem sie allenthalben in ihren Gebäuden so einfache Verhältnisse brauchen, als es nur die übrigen Umstände erlauben. In den Thüren und Fenstern machen sie gemeiniglich die Höhe zweymal größer als die Breite, und allenthalben suchen sie Verhältnisse anzubringen, die sich durch kleine Zahlen ausdrücken lassen, weil das dem Verstande gefällt. Auf eben die Art ist es in der Musik, wo die Accorde nur in so fern gefallen, als die Seele das Verhältniß bemerkt, das unter den Tönen ist; und dieses Verhältniß läßt sich um desto leichter bemerken, durch je kleinere Zahlen es ausgedrückt werden kann. Nun ist nach dem Verhältniß der Gleichheit, welches zwey gleiche Töne oder all' unisono anzeigt, das Verhältniß 1 zu 2 ohne Zweifel das einfachste, und dieses giebt den Octavenaccord. Also ist augenscheinlich, daß dieser Accord viele Vorzüge vor den übrigen Consonanzen hat. Nach dieser Erklärung desjenigen Accords oder Intervalls, den die Tonkünstler eine Octave nennen, wollen wir nun mehrere Töne untersuchen, wie F f f f f, wovon jeder eine

Octave

Octave höher ist als der vorhergehende. Also, weil das Intervall von F zu f, von f zu $\bar{f}$, von $\bar{f}$ zu $\bar{\bar{f}}$, von $\bar{\bar{f}}$ zu $\bar{\bar{\bar{f}}}$ eine Octave ist, so wird das Intervall von F zu $\bar{f}$ eine doppelte, von F zu $\bar{\bar{f}}$ eine dreyfache, von F zu $\bar{\bar{\bar{f}}}$ eine vierfache Octave seyn. Nun, indem der Ton F eine Schwingung vollbringt, so macht der Ton f zwey, der Ton $\bar{f}$ viere, der Ton $\bar{\bar{f}}$ achte, der Ton $\bar{\bar{\bar{f}}}$ sechzehn. Wir sehen also, daß, wie eine Octave dem Verhältniß 1 zu 2 entspricht, so eine doppelte durch das Verhältniß 1 zu 4, eine dreyfache 1 zu 8 ꝛc. ausgedrückt wird. Nun ist das Verhältniß 1 zu 4 nicht mehr so einfach als das 1 zu 2, weil es nicht mehr so leicht in die Augen fällt. Eben deswegen empfindet man auch eine doppelte Octave nicht so leicht als eine einfache; eine dreyfache Octave ist noch weniger merklich, und eine vierfache noch weniger. So wenn man ein Clavier stimmt, und man hat den Ton F angegeben, so ist es nicht so leicht, die Doppeloctave $\bar{f}$, als die einfache f dazu zu stimmen; und noch schwerer ist es, die dreyfache $\bar{\bar{f}}$ und vierfache $\bar{\bar{\bar{f}}}$ einzustimmen, ohne die Zwischenoctaven zu Hülfe zu nehmen. Diese Accorde sind alle unter dem Worte Consonanz begriffen, und da der unisono der einfachste unter allen ist, so kann man sie nach folgenden Graden ordnen:

1 Grad. Der unisono, der durch das Verhältniß 1 zu 1 angezeigt wird.

2 Grad. Die unmittelbare Octave ist in dem Verhältniß 1 zu 2.

3 Grad. Die doppelte Octave ist in dem Verhältniß 1 zu 4.

4 Grad. Die dreyfache Octave ist in dem Verhältniß 1 zu 8.

5 Grad. Die vierfache Octave ist in dem Verhältniß 1 zu 16.

6 Grad. Die fünffache Octave ist in dem Verhältniß 1 zu 32.

und

und, so weiter, so lange als die Töne noch merklich sind.

Das sind die Accorde oder Consonanzen, auf deren Betrachtung wir bisher sind geführt worden; und wir wissen noch nichts von den andern Gattungen der Consonanzen, und noch weniger von den Dissonanzen, die man in der Musik braucht. Aber ehe ich mich noch in die Erklärung dieser einlasse, muß ich noch eine Anmerkung über den Namen Octave hinzusetzen, den man dem Intervall zweyer Töne giebt, von denen der eine zweymal so viel Schwingungen macht als der andere. Ew. H. sehen die Ursachen in den Haupttasten des Claviers, die durch sieben Stufen in die Höhe steigen, ehe sie zur Octave kommen, wie C D E F G A H c, so, daß der Taste c der achte ist, wenn man C für den ersten zählt. Aber diese Abtheilung hängt von noch andern Verhältnissen in der Musik ab, deren Beschaffenheit erst in der Folge kann erklärt werden.

den 3 May 1760.

Sechster Brief.

Man kann sagen, daß alle Verhältnisse von 1 zu 2, 1 zu 4, 1 zu 8, 1 zu 16, die wir bishieher untersucht haben, und die die Natur einer einfachen, doppelten, drey- und vierfachen Octave in sich enthalten, ihren Ursprung von der Zahl 2 nehmen, indem 4, 2 mal 2; 8, 4 mal 2; 16, 8 mal 2 ist; so daß, wenn man keine andere Zahl als die Zahl 2 in der Musik aufnimmt, man zur Kenntniß keiner andern Art von Accorden oder Consonanzen kommt, als der, die die Tonkünstler eine Octave, eine einfache oder doppelte oder dreyfache nennen. Und weil die Zahl 2 durch ihre Verdoppelung uns keine andern Zahlen als 4, 8, 16, 32, 64 giebt, wovon jede das Doppelte der vorhergehenden ist, so bleiben uns alle übrige

übrige Zahlen noch unbekannt. Wenn also ein Instrument nichts als die Octaven, als z. E. die Töne hätte, die man so bezeichnet: C, c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, $\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$ und alle andere darinnen fehlten: so würde es, um der zu großen Einförmigkeit willen, keine angenehme Musik hervorbringen. Wir wollen also außer der Zahl 2 noch die Zahl 3 hineinbringen, und sehen, was daraus für Consonanzen entstehen werden. Erstlich das Verhältniß 1 zu 3 giebt uns zwey Töne, wovon der eine dreymal mehr Schwingungen in gleicher Zeit macht als der andere. Ohne Zweifel ist dieses Verhältniß nach dem von 1 zu 2 am leichtesten zu begreifen; und es wird also sehr schöne Consonanzen, obgleich von den Octaven ganz verschiedene, hervorbringen. Wir wollen nun annehmen, daß von dem Verhältniß 1 zu 3, die 1 dem Ton C zugehöre. Da der Ton c durch die Zahl 2 ausgedrückt wird, so muß die Zahl 3 einen Ton geben, der höher als c, aber doch niedriger als $\bar{c}$ ist, weil diesem die Zahl 4 zugehört. Dieser Ton nun, der durch 3 ausgedrückt wird, ist der, den die Tonkünstler mit dem Buchstaben g bezeichnen, und dieses Intervall von c zu g nennen sie eine Quinte, weil auf dem Clavier die Taste g die fünfte von c ist, als c, d, e, f, g. Also, wenn die Zahl 1 den Ton C giebt, so giebt 2 den Ton c, und 3 den Ton g, die Zahl 4 den Ton $\bar{c}$; und da der Ton $\bar{g}$ die Octave von g ist, so wird seine Zahl 2 mal 3, und also 6 seyn; und steigt man noch eine Octave höher, so ist der Ton $\bar{\bar{g}}$ zweymal so groß, und also 12. Alle Töne demnach, zu denen uns die Zahlen 2 und 3 führen, wenn man C für 1 annimmt, sind:

$$\begin{array}{cccccccc} C & c & g & \bar{c} & \bar{g} & \bar{\bar{c}} & \bar{\bar{g}} & \bar{\bar{\bar{c}}} \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 6 & 8 & 12 & 16 \end{array}$$

Daraus ist klar, daß die Proportion 1 zu 3 ein Intervall ausdrückt, das aus einer Octave und einer Quinte

te zusammengesetzt ist, und daß dieses Intervall, weil seine Zahlen so einfach sind, nach der Octave dem Ohr am merklichsten seyn muß. Es geben auch in der That die Tonkünstler der Quinte die zweyte Stelle unter den Consonanzen, und das Ohr wird davon so angenehm afficirt, daß es sehr leicht ist, eine Quinte zu stimmen. So steigen auf der Violine die vier Saiten durch Quinten in die Höhe, die tiefste ist G, die zweyte d, die dritte a, die vierte e; und jeder Musikus kann sie sehr leicht nach dem bloßen Gehör stimmen. Unterdessen stimmt sich eine Quinte nicht so leicht als eine Octave; aber da die Quinte über der Octave, wie z. E. das Intervall von C zu g, durch das Verhältniß 1 zu 3 ausgedrückt wird, so ist sie empfindbarer als die einfache Quinte, wie C zu G oder c zu g, die durch das Verhältniß 2 zu 3 ausgedrückt wird; und man weiß auch aus der Erfahrung, daß, wenn man den Ton C angegeben hat, es leichter sey die obere Quinte g als die unmittelbare G dazu zu stimmen. Wenn die Einheit uns den Ton F vorgestellt hätte, so würde die Zahl 3 den Ton $\bar{c}$ bezeichnen, so, daß

$$F \,.\, f \,.\, \bar{c} \,.\, \bar{f} \,.\, \bar{\bar{c}} \,.\, \bar{\bar{f}} \,.\, \bar{\bar{\bar{c}}}$$

mit 1 . 2 . 3 . 4 . 6 . 8 . 12 bezeichnet werden würden, wo das Intervall von f zu $\bar{c}$ eine Quinte ist, die in dem Verhältniß 2 zu 3 enthalten ist, von $\bar{f}$ zu $\bar{\bar{c}}$, von $\bar{\bar{f}}$ zu $\bar{\bar{\bar{c}}}$ ist auch eine Quinte, weil das Verhältniß 4 zu 6 und 8 zu 12, mit der 2 zu 3 einerley ist. Denn wenn 2 Ellen 3 Thlr. kosten, so kosten 4 Ellen 6, und 8 Ellen 12 Thlr. Dadurch kommen wir zu der Kenntniß eines andern Intervalls, das in dem Verhältniß 3 zu 4 liegt, welches zwischen $\bar{c}$ und $\bar{f}$, und also auch zwischen c und f, und C und F ist, das die Musici eine Quarte nennen, die, da sie durch größere Zahlen ausgedrückt wird, bey weitem nicht so angenehm ist als die Quinte, und noch weniger als die Octave. Da die Zahl 3 uns zu diesem neuen Accord der Quinte und der Quarte verhol-

sen hat, so wollen wir, ehe wir andere Zahlen brauchen, die Zahl 3 noch dreymal nehmen, um die Zahl 9 zu bekommen, die einen Ton geben wird, der um eine Octave und eine Quinte höher ist als der Ton 3 oder $\overline{c}$, da denn $\overline{\overline{c}}$ die Octave von $\overline{c}$, und $\overline{\overline{g}}$ die Quinte von $\overline{\overline{c}}$ ist. Also giebt die Zahl 9 den Ton $\overline{\overline{g}}$, so, daß $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{g}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, durch 6, 8, 9, 12, bezeichnet seyn werden. Oder nimmt man diese Töne in den tiefen Octaven, so hat man, wenn die Proportionen derselben bleiben:

C.	F.	G.	c.	f.	g.	$\overline{c}$.	$\overline{f}$.	$\overline{g}$.	$\overline{\overline{c}}$.	$\overline{\overline{f}}$.	$\overline{\overline{g}}$.	$\overline{\overline{\overline{c}}}$.
6.	8.	9.	12.	16.	18.	24.	32.	36.	48.	64.	72.	96.

Dadurch kommen wir zu der Entdeckung neuer Intervallen. Das erste ist das zwischen F und G, das in dem Verhältniß 8 und 9 liegt, das die Musici eine Secunde oder auch einen ganzen Ton nennen. Das zweyte ist von G zu f, das in dem Verhältniß 9 zu 16 liegt, das man eine Septime nennt, und das eine Secunde oder einen ganzen Ton kleiner ist als eine Octave. Diese Verhältnisse, wenn sie schon durch beträchtlich große Zahlen ausgedrückt werden, werden nicht mehr zu den Consonanzen gerechnet, und die Musici nennen sie Dissonanzen.

Wenn wir die Zahl 9 noch dreymal nehmen, um 27 zu haben, so muß diese Zahl einen Ton bezeichnen, der höher als $\overline{c}$, und gerade eine Quinte höher als g ist. Das wird also der Ton $\overline{d}$ seyn, und seine Octave $\overline{\overline{d}}$ wird der Zahl zweymal 27 oder 54 zugehören; und die doppelte Octave $\overline{\overline{\overline{d}}}$ der Zahl zweymal 54 oder 108. Wir wollen diese Töne einige Octaven tiefer auf folgende Art vorstellen:

C.	D.	F.	G.	c.	d.	f.	g.	$\overline{c}$.	$\overline{d}$.	$\overline{f}$.	$\overline{g}$.
24.	27.	32.	36.	48.	54.	64.	72.	96.	108.	128.	144.

$\overline{\overline{c}}$.	$\overline{\overline{d}}$.	$\overline{\overline{f}}$.	$\overline{\overline{g}}$.	$\overline{\overline{\overline{c}}}$.
192.	216.	256.	288.	384.

Hier entdecken wir, daß das Intervall D zu F in dem Verhältniß 27 zu 32, und das F zu d in dem Verhältniß 32 zu 54, oder wenn wir die Hälfte nehmen, von 16 zu 27 liegt, wovon das erste eine große Terzie, das andere eine große Sexte heißt. Man könnte noch die Zahl 27 dreyfach nehmen, aber die Musik geht nicht so weit, und man schränkt sich auf die Zahl 27 ein, die aus der 3 entsteht, wenn man sie dreymal durch sich selbst multiplicirt; die andern musikalischen Töne, die uns noch fehlen, werden durch die Zahl 5 eingeführt, und die werde ich im nächsten Briefe aus einander setzen.

den 3 May 1760.

Siebenter Brief.

Die Materie, mit der ich jetzt Ew. H. unterhalte, ist so trocken, daß die Ursache habe zu fürchten, sie werde Ew. H. bald ermüden. Aber, um nicht zuviel Zeit darauf zu wenden, so schicke ich heute drey Briefe auf einmal, um diese beynah verdrüßliche Materie mit einem male zu endigen. Meine Absicht war, Ew. H. den wahren Ursprung der Töne in der Musik vor Augen zu legen, der vielen Musicis selbst unbekannt ist. Denn nicht die Theorie hat sie auf die Kenntniß aller Töne geführt; sie sind es vielmehr der geheimen Kraft der Harmonie schuldig, die so stark auf ihre Ohren gewirkt hat, daß sie beynah sind gezwungen worden, die Töne anzunehmen, die jetzt wirklich im Gebrauch sind, ob sie gleich noch über ihre genaue Bestimmung sehr zweifelhaft sind. Diese Grundsätze der Harmonie nun lassen sich zuletzt auf Zahlen zurück führen, wie ich die Ehre gehabt habe es zu zeigen; und ich habe bemerkt, daß die Zahl 2 nur die Octaven giebt, so, daß z. B. wenn der Ton F einmal festgesetzt ist, wir auf die Töne f, $\overline{f}$, $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{\overline{f}}}$ geführt werden. Ferner, die Zahl 3 giebt

die

die Töne C, c, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, die von jenen um eine Quinte verschieden sind: und die Wiederholung eben dieser Zahl 3 giebt uns noch weiter die Quinten der ersten, die G, g, $\overline{g}$, $\overline{\overline{g}}$, $\overline{\overline{\overline{g}}}$ sind; endlich setzt die dritte Wiederholung der Zahl 3 noch die Töne D, d, $\overline{d}$, $\overline{\overline{d}}$ hinzu. Da nun die Grundsätze der Harmonie an die Einfachheit gebunden sind, so scheinen sie nicht zu erlauben, daß man die Multiplication der Zahl 3 weiter treibe, und also haben wir bisher nur noch die folgenden Töne für jede Octave F. G. c. d. f.
16. 18. 24. 27. 32. welche gewiß noch keine sehr abwechselnde Musik zulassen. Aber nun wollen wir noch die Zahl 5 einführen, und sehen, was für ein Ton das seyn wird, der 5 Schwingungen macht, indem der Ton F nur eine macht. Nun macht der Ton f in derselben Zeit 2, der Ton $\overline{f}$ 4, und der Ton $\overline{\overline{c}}$ 6. Der Ton also von dem die Rede ist, muß zwischen $\overline{f}$ und $\overline{\overline{c}}$ fallen; und in der That ist er der, welchen die Tonkünstler durch den Buchstaben a anzeigen, dessen Accord mit dem Ton $\overline{f}$ eine große Terzie heißt, und eine sehr angenehme Consonanz macht, da er in dem Verhältniß dieser ziemlich kleinen Zahlen 4 zu 5 enthalten ist. Ferner macht der Ton $\overline{a}$ mit dem Ton $\overline{\overline{c}}$ einen Accord, der in dem Verhältniß 5 zu 6 liegt, der beynah eben so angenehm ist, und den man ebenfalls eine kleine Terzie nennt, so wie die, von der wir oben geredet haben, die in dem Verhältniß 27 und 32 liegt; denn der Unterschied ist für das Ohr beynah unmerklich. Eben diese Zahl 5, wenn man sie auf die andern Töne G, c, d, anwendet, geben uns auf eben die Art ihre großen Terzien, in der zweyten Octave drüber, das heißt, die Töne $\overline{h}$, $\overline{\overline{e}}$, $\overline{\overline{fis}}$, die in die erste Octave übergetragen, uns diese Töne mit ihren Zahlen geben:

F.	Fis.	G.	A.	H.	c.	d.	e.	f.
128.	135.	144.	160.	180.	192.	216.	240.	256.

Man nehme den Ton Fis weg, und man hat die Haupttasten des Claviers, die nach den Alten die Gattung, die die Diatonische heißt, ausmachen; und die von der Zahl 2, der Zahl 3 dreymal wiederholt, und von der Zahl 5 herrührt. Wenn man auch keine andern als diese Töne annimmt, so kann man doch sehr schöne und sehr mannichfaltige Melodien componiren, deren Annehmlichkeit bloß auf der Einfachheit der Verhältnisse beruhet, die uns zu diesen Tönen geholfen haben. Endlich wenn man die Zahl 5 zum zweytenmal anwendet, so bringt sie die Terzien von vier neuen Tönen A, E, H, Fis, die wir oben gefunden haben, hervor, und wir erhalten die Töne Cis, Gis, Dis, B, so daß jetzt die Octave gerade mit eben den 12 Tönen ausgefüllt ist, die in der Musik eingeführt sind. Alle diese Töne haben ihren Ursprung von den drey Zahlen 2, 3 und 5, indem man die Zahl 2 so vielmal nimmt, als es die Octaven verlangen; die Zahl 3 aber nur dreymal, und die Zahl 5 nur zweymal. Hier sind also alle Töne der ersten Octave durch die folgenden Zahlen ausgedrückt, wo man die Zusammensetzung von jeder der Zahlen 2, 3 und 5 sieht:

			Differ.
C	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 . .	384	
Cs	2 . 2 . 2 . 2 . 5 . 5	400	16
D	2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . 3 . . .	432	32
Ds	2 . 3 . 3 . 3 . 5	450	18
E	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 5 . . .	480	30
F	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 .	512	32
Fs	2 . 2 . 3 . 3 . 3 . 5	540	28
G	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . .	576	36
Gs	2 . 2 . 2 . 3 . 5 . 5	600	24
A	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 5 . .	640	40
B	3 . 3 . 3 . 5 . 5	675	35
H	2 . 2 . 2 . 2 . 3 . 3 . 5 . . .	720	45
c	2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 2 . 3 .	768	48

Indem

Indem der Ton C 384 Schwingungen macht, so macht der Ton Cis 400, und die übrigen so viel, als die beygeschriebenen Zahlen anzeigen; so wird der Ton c in eben der Zeit 768 Schwingungen machen, welches gerade das doppelte von 384 ist. Und für die folgenden Octaven braucht man weiter nichts als diese Zahl durch 2 oder 4 oder 8 zu multipliciren. So giebt der Ton $\overline{c}$ zweymal 768 oder 1536 Schwingungen, der Ton $\overline{\overline{c}}$ zweymal 1536 oder 3072, und der Ton $\overline{\overline{\overline{c}}}$ zweymal 3072 oder 6144 Schwingungen. Um die Art und Weise wie die Töne aus diesen 3 Zahlen 2, 3 und 5 entstehen, zu begreifen, muß man bemerken, daß die zwischen sie gesetzten Punkte die Multiplication bedeuten; so zeigt für den Ton Fis der Ausdruck 2 . 2 . 3 . 3 . 3 . 5 an, 2 mal 2 mal 3 mal 3 mal 3 mal 5. Nun 2 mal 2 macht 4, und 4 mal 3 macht 12, und 12 mal 3 macht 36, und 36 mal 3 macht 108, und 5 mal 108 ist 540. Man sieht daraus, daß die Unterschiede zwischen diesen Tönen nicht alle gleich sind, da einige größer, andre kleiner sind, und das erfordert auch die wahre Harmonie. Aber da die Ungleichheit nicht beträchtlich ist, so sieht man gemeiniglich alle diese Unterschiede als gleich an, und nennt den Sprung eines jeden Tons auf den folgenden ein Semitonium; denn man sagt, daß die Octave auf die Art in 12 Semitonia getheilt sey. Viele Tonkünstler machen sie auch in der That gleich, ob dieß gleich den Grundsätzen der Harmonie entgegen ist. Denn auf diese Art ist keine Quinte und keine Terzie vollkommen richtig, und die Wirkung ist eben die, als wenn diese Töne nicht rein gestimmt wären. Sie geben auch zu, daß man dieser genauen Richtigkeit entsagen müsse, um den Vortheil der Gleichheit unter allen Semitonien zu erhalten, so daß die Transposition von einem Ton in den andern, in den Melodien nichts ändere. Unterdessen gestehen sie selbst, daß wenn man ein Stück

aus dem C. einen halben Ton höher oder aus dem Cis spielt, dasselbe sehr beträchtlich dadurch geändert wird, woraus klar ist, daß diese Semitonia, ob sich gleich die Tonkünstler bemühen sie gleich zu machen, in der That nicht alle gleich sind; weil die wahre Harmonie sich der Ausführung dieses Vorhabens widersetzt. Das ist also der wahre Ursprung der Töne, die heut zu Tage im Gebrauch sind, und die aus den Zahlen 2, 3 und 5 hergenommen sind. Wollte man noch die Zahl 7 einführen, so würde die Anzahl der Töne in einer Octave größer, und die ganze Musik dadurch zu einem höhern Grad von Vollkommenheit gebracht werden. Aber hier überläßt die Mathematik die Harmonie der Musik.

den 3 May 1760.

Achter Brief.

Es ist eine eben so wichtige als sonderbare Frage: warum eine schöne Musik in uns die Empfindung von Vergnügen erregt. Die Gelehrten sind darüber getheilt. Einige behaupten, daß es eine bloße seltsame Einbildung sey, und daß das Vergnügen, welches die Musik verursachet, auf gar keinem Grunde beruhe, weil eben dieselbe Musik von dem einen schön gefunden wird, die dem andern mißfällt. Aber dadurch wird die Frage so wenig entschieden, daß sie vielmehr weit verwirrter wird; denn man will eben diesen Grund wissen, warum dasselbe musikalische Stück so verschiedne Wirkungen thun kann, da einmal zugegeben wird, daß nichts ohne Grund geschehe. Andre sagen, daß das Vergnügen, welches man bey Anhörung einer Musik empfindet, in der Wahrnehmung der Ordnung bestehe, die darinnen herrscht. Diese Meynung scheint anfangs ziemlich gegründet zu seyn, und verdient sorgfältig untersucht zu werden. Die Musik schließt zweyerley in sich,

das der Ordnung fähig ist. Das eine bezieht sich auf die Verschiedenheit der Töne, in so ferne sie höher oder tiefer sind; und Ew. H. werden sich erinnern, daß dieser Unterschied in der Anzahl der Schwingungen liegt, die jeder Ton in gleicher Zeit macht. Dieser Unterschied, der sich unter der Geschwindigkeit der Vibrationen aller Töne findet, ist das, was man eigentlich Harmonie nennt. Also, wenn man bey Anhörung einer Musik die Verhältnisse oder Proportionen einsieht, die unter den Schwingungen aller Töne sind, so ist das das Werk der Harmonie. So erregen zwey Töne, die um eine Octave unterschieden sind, die Empfindung des Verhältnisses 1 zu 2; eine Qvinte, des Verhältnisses 2 zu 3; eine große Terzie des Verhältnisses 4 zu 5. Man sieht also die Ordnung, die sich in einer gewissen Harmonie findet, ein, wenn man alle die Verhältnisse erkennt, die unter den Tönen, aus welchen die Harmonie besteht, herrschen; und dieses erkennen wir bloß durch das Urtheil des Ohrs. Da dieses Urtheil mehr oder weniger fein seyn kann, so ist klar, warum eben dieselbe Harmonie von dem einen wahrgenommen werden kann, von dem andern nicht, besonders wenn die Verhältnisse unter den Tönen durch ein wenig große Zahlen ausgedrückt sind. Aber in der Musik giebt es außer der Harmonie noch ein zweytes, das der Ordnung fähig ist, und dieses ist der Takt, durch welchen man jedem Tone ei... gewisse Dauer anweist; und die Empfindung des Takts besteht in der Kenntniß der Dauer aller Töne, und der Verhältnisse die daraus entstehen, wie denn z. E. ein Ton zweymal, dreymal oder viermal länger dauert als ein anderer. Die Trommel und die Pauke geben uns das Beyspiel einer Musik, wo der bloße Takt statt findet, weil die Töne selbst alle einerley sind, und hier giebt es also keine Harmonie. So giebt es auf der andern Seite auch eine Musik, wo die bloße Harmonie statt hat,

und kein Takt. Eine solche Musik ist das Choral, wo alle Töne von gleicher Länge sind. Eine vollkommene Musik enthält beydes, Harmonie und Takt. Wer nun also eine Musik hört, und durch das Urtheil seines Ohres alle die Verhältnisse einsieht, auf denen sowohl die Harmonie als der Takt beruht, der hat ganz gewiß die vollkommenste Vorstellung dieser Musik, die möglich ist; indeß ein anderer, der nur zum Theil, oder ganz und gar nicht diese Verhältnisse einsieht, von der Musik nichts begreift, oder eine unvollkommene Vorstellung davon hat. Aber das Vergnügen, worauf eigentlich unsere Frage geht, ist noch sehr von dieser Vorstellung, von der ich rede, unterschieden; ob man gleich sicher behaupten kann, das keine Musik Vergnügen mache, wenn man nicht eine Kenntniß von ihr hat. Aber die bloße Vorstellung aller der Verhältnisse, die in einer Musik, sowohl in Ansehung der Harmonie als des Taktes, herrschen, ist noch nicht genug, um die Empfindung von Vergnügen zu erregen; es muß noch etwas mehr hinzu kommen, welches bisher noch niemand auseinander gesetzt hat. Um sich zu überzeugen, daß die bloße Empfindung aller Verhältnisse einer Musik nicht hinreichend ist, darf man nur eine sehr einfache Musik betrachten, die nur durch Octaven geht, wo die Verhältnisse gewiß am leichtesten wahrgenommen werde. Unterdessen macht diese Musik noch lange kein Vergnügen, ob man gleich die vollkommenste Vorstellung von ihr hat. Man sagt also, daß zum Vergnügen eine Vorstellung gehöre, die nicht gar zu leicht sey, sondern einige Anstrengung erfordere; diese Kenntniß muß uns, so zu sagen, etwas kosten. Aber auch das ist nach meiner Meynung noch nicht genug. Eine Dissonanz, deren Verhältniß in großen Zahlen besteht, ist schwerer einzusehen; und doch wird eine Reihe von Dissonanzen ohne Wahl und ohne Absicht nicht gefallen. Also ist es

noth-

nothwendig, daß der Componist nach einem gewissen Plane oder Entwurfe gearbeitet habe, den er durch wirkliche und empfindbare Verhältnisse ausführt; und dann, wenn ein Kenner das Stück hört, und er außer den Verhältnissen noch den Plan und den Entwurf selbst einsieht, den der Componist vor Augen gehabt hat: so wird er die Befriedigung empfinden, die das Vergnügen ausmacht, womit eine schöne Musik verständige Ohren einnimmt. Das Vergnügen kommt also daher, weil man, so zu sagen, die Absichten und Empfindungen des Componisten erräth, deren Ausführung, wenn man sie für glücklich erkennt, die Seele mit einer angenehmen Befriedigung erfüllt. Ungefähr eine ähnliche Befriedigung ist es, die man empfindet, wenn man eine schöne Pantomime sieht, wo man durch die Geberden und Handlungen die Empfindungen und Reden errathen kann, die dadurch vorgestellt werden sollen, und die noch außerdem einen wohlangelegten Entwurf ausführen. Das Räthsel, welches Ew. H. so wohl gefallen hat, hilft mir zu einer guten Erläuterung. Sobald man den Sinn davon erräth, und einsieht, daß er vollkommen in dem Satze des Räthsels ausgedrückt war, so empfindet man darüber ein Vergnügen, da hingegen platte und schlecht erfundene Räthsel keines verursachen. Das sind also meiner Meynung nach die wahren Gründe, worauf unser Urtheil über die Schönheit musikalischer Stücke beruht; aber das ist bloß das Urtheil eines Menschen, der nicht das geringste von der Sache versteht, und sich also schämen muß, Ew. H. von dieser Materie zu unterhalten.

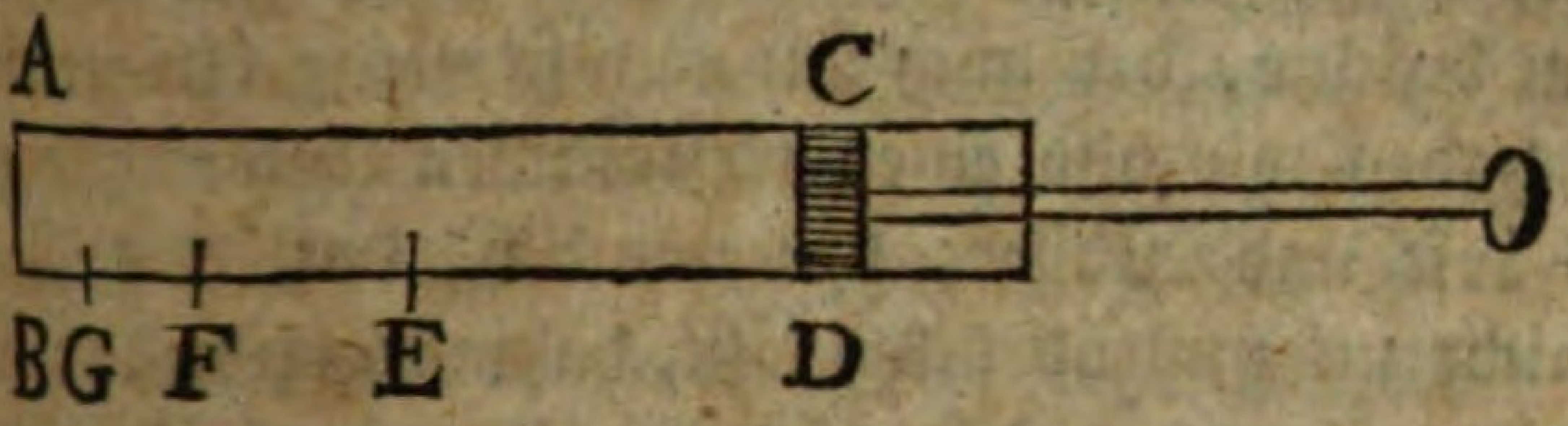
den 6 May 1760.

Neunter

Neunter Brief.

Die Erklärung des Schalls, die ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. vorzutragen, führt mich auf eine genauere Betrachtung der Luft, die, da sie einer ähnlichen schwingenden Bewegung fähig ist, als die schallenden Körper selbst, z. E. Saiten, Glocken rc. die Erschütterung derselben bis zu unsern Ohren fortsetzt. Man fragt also, was ist denn die Luft? Man wird nicht gleich gewahr, daß die Luft ein Körper ist. Es scheint, als wenn der Raum, der uns umgiebt, so lange als wir darinnen keine sichtbaren Körper wahrnehmen, ohne alle Materie sey, indem wir nichts darinne fühlen, frey hindurch gehen, und unsre Glieder frey bewegen können, ohne den geringsten Widerstand zu finden. Aber man darf nur einen geschwinden Streich mit der Hand thun, so wird man schon einigen Widerstand empfinden; und man wird sogar einen gewissen Wind gewahr werden, der durch eine solche schnelle Bewegung verursacht wird. In der That ist der Wind nichts anders, als eine in Bewegung gesetzte Luft; und wenn der Wind im Stande ist, so erstaunende Wirkungen hervorzubringen, wer kann wohl zweifeln, ob die Luft eine Materie, und also auch ein Körper sey? Denn Körper und Materie ist einerley. Man theilt die Körper in zwey Classen, in feste und flüßige. Es ist augenscheinlich, daß die Luft zu den flüßigen gehöre. Sie hat viel Eigenschaften mit dem Wasser gemein, aber sie ist viel dünner und feiner. Man hat aus Versuchen geschlossen, daß die Luft ohngefähr 800mal feiner und dünner ist als das Wasser; oder daß, wenn die Luft 800mal dichter würde als sie ist, sie erst mit dem Wasser einerley Dichtigkeit bekommen würde. Nun ist eine von den vornehmsten Eigenschaften der Luft, durch die sie sich von allen andern flüßigen Materien unterscheidet, die, daß sie sich zusammendrücken oder in einen

engern Raum bringen läßt. Dieses beweist man durch folgenden Versuch. Man nimmt eine metallne oder gläserne Röhre ABCD, die an dem Ende A B gut verschlos-



sen und an dem andern offen ist; hier läßt man nun einen Stempel hineingehen, der vollkommen die Höhlung der Röhre ausfüllt. Alsdenn stößt man den Stempel hinein. Wenn er nun bis in die Mitte E gekommen ist, so ist die Luft, die zuvor die Höhlung A B C D ausfüllte, in die Hälfte des Raums zusammengedrückt, und ist also zweymal so dichte. Stößt man den Stempel noch tiefer hinein, bis in die Mitte F zwischen B und E, so wird die Luft in einen viermal kleinern Raum gebracht: und wenn man fortführe, den Stempel bis G herein zu stoßen, so daß B G die Hälfte von B F, oder der achte Theil der ganzen Länge B D wäre, so würde eben die Luft, die anfangs durch die ganze Höhlung der Röhre verbreitet war, alsdenn einen achtmal kleinern Raum einnehmen. Führe man auf eben die Art fort, sie in einen 800 mal kleinern Raum zusammen zu drängen, so würde man auch eine 800 mal dichtere oder dickere Luft, als die gewöhnliche bekommen. Sie würde alsdenn eben so dicke und so dichte seyn als das Wasser. Man erkennt daraus, daß die Luft eine flüßige Materie ist, die sich zusammendrücken läßt; welches eben so viel heißt, als sie in einern kleinern Raum bringen; und in dieser Absicht ist die Luft eine vom Wasser ganz verschiedne Materie. Denn wenn man mit Wasser die Röhre ABCD anfüllte,

te und den Stempel darauf setzte, so würde es schlechterdings unmöglich seyn, ihn weiter hinein zu bringen. So große Gewalt man auch immer anwendete, so würde man ihn doch nicht weiter bringen, und man würde eher die Röhre zersprengen, ehe man das Wasser in einen Raum brächte, der auch um noch so wenig kleiner wäre. Hier haben wir also einen wesentlichen Unterschied zwischen Luft und Wasser, den nämlich, daß das Wasser sich nicht zusammendrücken läßt, dahingegen man die Luft so weit zusammendrücken kann, als man will. Diese Luft nun wird um so viel dichter, je mehr man sie zusammendrückt; so z. E. wenn die Luft, die einen gewissen Raum eingenommen hatte, in einen zweymal kleinern Raum gebracht oder zusammengedrückt ist, so wird sie zweymal so dichte; ist sie in einen zehnmal kleinern Raum zusammengedrückt, so wird sie zehnmal so dichte. Ich habe schon angemerkt, daß, wenn sie 800 mal dichter würde, sie eben die Dichtigkeit haben, und also auch eben so schwer seyn würde, wie das Wasser; denn die Schwere wächst mit der Dichte in gleichem Verhältnisse. Das Gold ist der schwerste Körper den wir kennen, und also auch der dichteste. Man hat gefunden, daß es neunzehnmal schwerer sey als das Wasser; und daß eine Masse Gold in der Gestalt eines Würfels, dessen Länge, Breite und Höhe ein Schuh wäre, neunzehnmal mehr wiegen würde, als eine ähnliche Masse von Wasser. Nun wiegt diese Masse Wasser 70 Pfund; also würde die genannte Masse Gold neunzehnmal mehr, das heißt 1330 Pfund, wiegen. Wenn man also die Luft so lange zusammendrücken könnte, bis man sie in einen neunzehnmal 800, das heißt 15200 mal, kleinern Raum gebracht hätte, so würde sie eben so dichte und eben so schwer werden als das Gold. Aber man kann bey weitem nicht das Zusammendrücken der Luft so weit treiben. Anfangs

kann

kann man den Stempel ohne Mühe fort bewegen; aber je weiter man ihn hineingestoßen hat, desto mehr Widerstand findet man, ihn noch weiter zu treiben. Und ehe man so weit kommt, daß man die Luft in einen zehnmal kleinern Raum gebracht hat, so muß man schon so viel Gewalt anwenden, den Stempel hinein zu stoßen, daß die Röhre springen würde, wenn sie nicht sehr stark wäre. Nun brauchte man aber nicht bloß so viel Gewalt, um den Stempel weiter zu stoßen, sondern man brauchte noch eben so viel, ihn zu erhalten, und sobald man ihn losließe, so würde die zusammengedrückte Luft ihn wieder zurück stoßen. Je mehr die Luft zusammengedrückt wird, desto mehr Gewalt wendet sie an, sich auszudehnen, und sich wieder in ihren natürlichen Zustand zu versetzen. Das ist es, was man die Federkraft oder die Elasticität der Luft nennt, und davon werde ich Ew. H. in dem nächsten Briefe unterhalten.

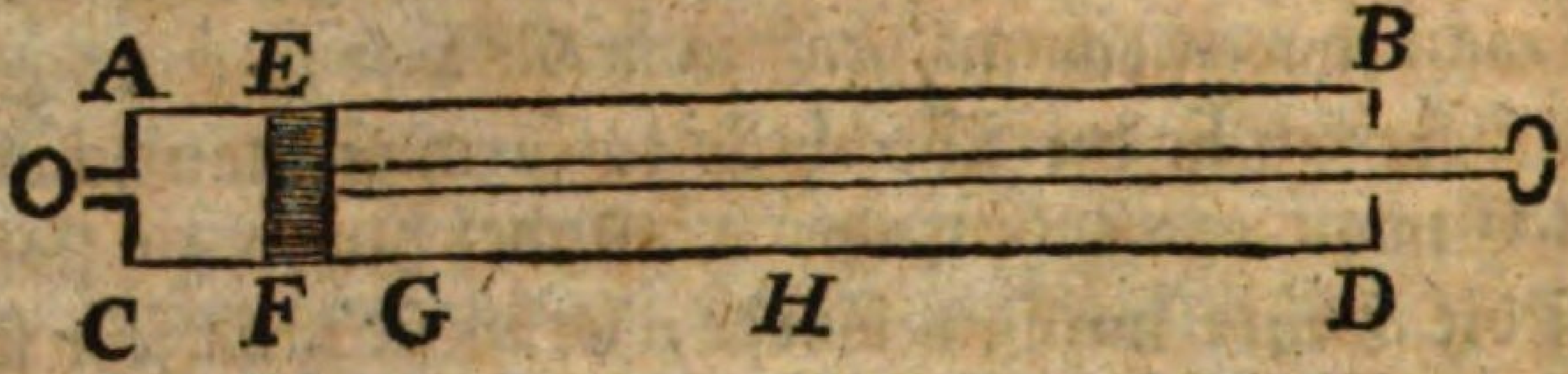
den 10 May 1760.

Zehenter Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß die Luft eine flüßige Materie und ohngefehr 800 mal dünner ist als das Wasser; so daß, wenn das Wasser in einen eben so vielmal grössern Raum könnte ausgebreitet werden, und es demnach auch eben so vielmal dünner würde, es der Luft, die wir athmen, sehr ähnlich seyn würde. Aber die Luft hat eine Eigenschaft, die dem Wasser auf keine Art zukommt; die nämlich, daß die Luft sich in einen kleinern Raum zusammen drücken läßt, wodurch sie also dichter wird, wie ich die Ehre gehabt habe, es in meinem letzten Briefe zu beweisen. Wir finden in der Luft noch eine andre nicht weniger merkwürdige Eigenschaft: man kann sie in einen größern Raum ausdehnen, und sie dadurch noch feiner machen. Diese Operation heißt die

Ver-

Verdünnung der Luft. Man darf nur, wie zuvor, eine Röhre A B C D nehmen, an deren Boden A C eine



kleine Oeffnung O ist, damit, wenn man den Stempel bis F hineinstößt, die Luft durch die Oeffnung herausgehen könne, und sich also nicht verdicke. Die Luft, die jetzo den Raum A C E F einnimmt, ist also in ihrem natürlichen Zustand. Nun stopfet man das Loch O zu, zieht alsdenn den Stempel zurück; und die Luft breitet sich nach und nach in einen größern Raum aus, so daß, wenn der Stempel bis G zurückgezogen seyn wird, die Luft, die vorher in dem Raum A C E F enthalten war, nunmehro einen noch einmal so großen Raum einnimmt, (weil C G noch einmal so groß ist als C F); sie wird also zweymal dünner seyn als zuvor. Zieht man den Stempel bis H zurück, und ist C H viermal größer als C F, so wird die Luft viermal dünner als sie anfangs war, indem sie in einem viermal grössern Raum ausgedehnt ist. Und wenn man auch den Stempel so weit zurückzöge, daß der Raum 1000 mal größer würde: so würde sich doch die Luft auf gleiche Weise durch diesen Raum verbreiten, und also 1000 mal dünner werden. Auch hierinn ist die Luft vom Wasser wesentlich unterschieden. Denn wäre die Höhlung ACEF mit Wasser angefüllt, so möchte man immer den Stempel zurück ziehen, das Wasser würde beständig denselben Raum wie anfangs einnehmen, und das übrige würde leer bleiben. Hieraus sehen wir also, daß die Luft eine gewisse innere Kraft hat sich mehr und mehr auszudehnen, die sie nicht bloß alsdann ausübt, wenn sie dichter gemacht,

macht, sondern auch wenn sie verdünnt worden ist. Die Luft mag sich in einem Grade von Verdickung oder Verdünnung finden, in welchem sie will, so bemüht sie sich immer, einen noch größern Raum einzunehmen, und sie breitet sich in der That so gleich aus, als sie kein Hinderniß mehr findet. Diese Kraft sich auszudehnen, ist das, was man die Federkraft oder Elasticität der Luft nennt, und man hat durch Versuche, die denen, wovon ich geredet habe, ähnlich sind, gefunden, daß diese Kraft der Dichtigkeit proportionirt sey; das heißt, daß, je mehr die Luft zusammengepreßt ist, sie desto mehr Gewalt anwende, sich auszudehnen; je mehr sie verdünnt ist, desto weniger. Man wird mich vielleicht fragen, warum die Luft, die sich jetzo in meinem Zimmer befindet, nicht durch die Thüre hinaus fahre, da sie doch eine Kraft hat sich in einen größern Raum auszudehnen. Ew. H. werden ohne Zweifel antworten, daß das ohnfehlbar geschehen würde, wenn nicht die äußere Luft eine eben so große Gewalt anwendete, sich auszudehnen; weil also diese Kräfte, mit welchen die Luft im Zimmer sich bemüht hinauszugehen, und die äußere hereinzudringen, einander gleich sind, so heben sie sich wechselsweise auf, und die Luft an beyden Orten bleibt in Ruhe. Hätte aber die äußere Luft durch irgend einen Zufall eine größere Dichtigkeit und also auch eine größere Elasticität erlangt, so würde ein Theil davon in das Zimmer hineindringen; hier würde nun die Luft, da sie zusammen gedrückt würde, auch wieder eine größere Elasticität bekommen; und das würde so lange fortdauern, bis die Elasticität der innern Luft der Elasticität der äußern wieder gleich wäre. Eben so, wenn die Luft im Zimmer auf einmal dichter, und ihre Elasticität größer würde als der äußern ihre, so würde die Luft aus dem Zimmer hinaus fahren, und würde, indem sie ihre Dichtigkeit verlöre, eben so viel von ihrer Elasticität verlieren, bis sie zu einerley Grade mit

der äußern Luft käme; alsdenn würde die Bewegung aufhören, und die Luft im Zimmer würde mit der äußern im Gleichgewicht stehen. Also wird auch unter freyem Himmel die Luft nicht anders ruhig seyn, als wenn sie mit der Luft, die sie umgiebt, einerley Grad von Elasticität hat; und sobald die Luft einer Gegend mehr oder weniger elastisch wird, als die in den benachbarten Gegenden, sobald kann das Gleichgewicht nicht mehr bestehen; sondern wo die Elasticität größer ist, da wird sich die Luft ausbreiten, und in die Oerter übergehen, wo die Elasticität kleiner ist. Aus einer solchen Bewegung der Luft entstehet der Wind. Daher kommt es, daß in demselben Ort die Elasticität der Luft bald größer bald kleiner ist, und diese Abwechselung wird durch ein Instrument angezeigt, das ein Barometer heißt, dessen Verfertigung eine eigene Erklärung verdient. Für jetzo schrenke ich mich bloß auf diese Eigenschaft der Luft ein, daß sie sich dichter und dünner machen läßt. Nur noch das setze ich hinzu: je dichter sie ist, desto mehr Gewalt wendet sie an, sich auszudehnen, oder mit andern Worten, ihre Elasticität wird größer; dahingegen je mehr man sie verdünnt, je mehr verliert sie von ihrer Elasticität. Die Naturforscher haben eine Maschine erfunden, die man Luftpumpe nennt, durch die man die Luft verdicken und verdünnen kann. Man kann mit ihr verschiedene ganz erstaunliche Versuche machen, die größtentheils Ew. H. schon bekannt sind. Ich behalte mir vor, bloß von einigen zu reden, so weit als sie nothwendig sind, die Natur der Luft und diejenigen Eigenschaften von ihr zu erklären, die das meiste zu unsrer Erhaltung und selbst zur Hervorbringung aller unsrer Bedürfnisse beytragen, und die deswegen wohl werth sind, daß man sich von ihnen einen richtigen Begriff mache.

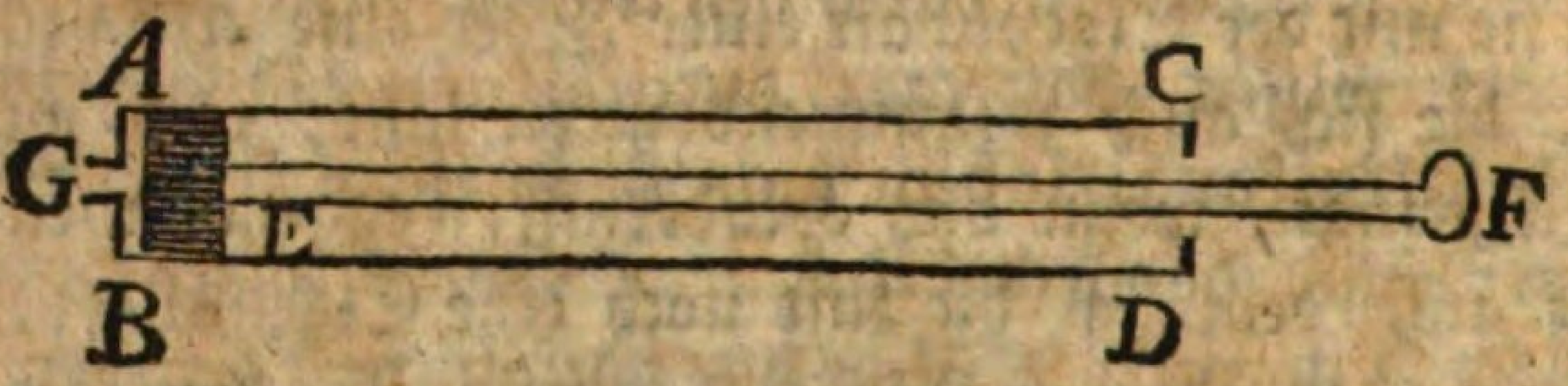
den 14 May 1760.

Eilfter

Eilfter Brief.

Ich habe die Ehre gehabt Ew. H. zu zeigen, daß die Luft eine flüßige Materie von der ganz besondern Beschaffenheit sey, daß sie sich in einen engern Raum zusammendrücken läßt, und daß sie sich in einen größern ausdehnet, wenn die Hindernisse gehoben sind; so, daß die Luft sowohl der Verdickung als Verdünnung fähig ist. Diese Eigenschaft wird unter dem Worte Elasticität oder Federkraft verstanden, die man deswegen so nennt, weil sie mit der Eigenschaft einer Feder eine Aehnlichkeit hat, die sich auch zusammendrücken läßt, und wieder zurückspringt, wenn das Hinderniß weggenommen ist. Aber außerdem hat die Luft noch eine Eigenschaft, die ihr mit allen übrigen Körpern gemein ist, die Schwere nämlich, vermöge der alle Körper eine gewisse Neigung haben nach unten zu fallen, und wirklich fallen, wenn nichts ist, was sie aufhält. Die Gelehrten sind über die wahre Ursache dieser Kraft sehr getheilt und ungewiß; aber das ist gewiß, daß eine solche Kraft existire. Davon überzeugt uns die tägliche Erfahrung. Wir kennen sogar ihre Größe, und sind im Stande, sie aufs genaueste auszumessen. Denn das Gewicht eines Körpers ist nichts anders als die Kraft die ihn nach unten treibt; und da wir das Gewicht jedes Körpers genau wissen und messen können, so wissen wir auch vollkommen die Wirkung der Schwere, obgleich die Ursache oder diese unsichtbare Kraft, die auf alle Körper wirkt, um sie nach unten zu treiben, uns schlechterdings unbekannt ist. Dadurch wissen wir, daß je mehr ein Körper Materie enthält, desto schwerer er sey. So sind Gold und Bley schwerer als Holz oder eine Feder, weil es mehr Materie in demselben Volumen oder in demselben Umfang enthält. Weil aber die Luft ein so feiner und dünner Körper ist, so ist

auch ihr Gewicht oder ihre Schwere so klein, daß sie gemeiniglich unsern Sinnen entgeht. Indessen giebt es Erfahrungen, die uns davon ungezweifelt versichern. Ew. H. haben gesehen, daß man die Luft in einem Gefäße oder einer Röhre verdünnen kann, und vermittelst einer Luftpumpe kann man die Sache so weit treiben, daß die Luft ganz und gar daraus weggenommen wird, und die Höhlung des Gefäßes völlig leer bleibt. Man nimmt eine Röhre A B C D, in die man anfangs den Stempel



so hineinsetzt, daß er den Boden genau berührt, und keine Luft zwischen dem Boden und dem Stempel bleibt. Um das besser zu bewerkstelligen, ist es dienlich, daß im Boden eine Oeffnung G sey, durch die die Luft herausgehen könne, wenn man den Stempel bis an den Boden stößt. Alsdann stopft man die Oeffnung mit einem Pfropfen fest zu, um desto sicherer zu seyn, daß keine Luft sich zwischen dem Stempel und dem Boden verhalte oder zusammendrücke. Nach dieser Vorbereitung zieht man den Stempel heraus, und da die äußere Luft nicht durch die Röhre dringen kann, so hat man zwischen dem Boden und dem Stempel eine vollkommne Leere in der Röhre, die man so groß machen kann als man will, indem man den Stempel immer weiter herauszieht. Durch dieses Mittel kann man die Höhlung eines Gefäßes von Luft leer machen; und wenn man ein solches von Luft ausgeleertes Gefäß auf einer guten Wage wäget, so findet man,

man, daß es weniger wiegt, als da es mit Luft angefüllt war, woraus man diesen sehr wichtigen Schluß macht, daß die Luft, die in der Höhlung des Gefäßes enthalten war, daß Gewicht desselben vermehre, und also selbst ein Gewicht habe. Wenn das Gefäß so groß ist, daß es 800 Pfund Wasser enthalten kann, so findet man auf die Art, daß die Luft, die dieselbe Höhlung ausfüllt, ohngefähr ein Pfund wiege, woraus man schließt, daß die Luft ohngefähr 800 mal leichter sey als das Wasser. Das muß man aber von der ordentlichen Luft verstehen, die uns umgiebt, und die wir durch den Athem einziehen. Denn Ew. H. wissen, daß man durch Kunst die Luft zusammendrücken kann, indem man sie in einen engern Raum zwingt; und dadurch bekommt sie auch eine eben so viel größere Schwere. Wenn das Gefäß, von dem ich oben gesprochen habe, das 800 Pfund Wasser enthielt, mit einer zweymal mehr zusammengedrückten Luft, als die gewöhnliche ist, angefüllt wäre, so würde es 2 Pfund mehr, als da es leer war, wiegen. Wäre sie 800 mal stärker zusammengedrückt als gewöhnlich, so würde es 800 Pfund mehr wiegen, als es leer wiegt; oder es würde eben so viel wiegen, als wenn es mit Wasser angefüllt wäre. Da also die Luft ein schwerer Körper ist, obgleich in ihrem natürlichen Zustand diese Schwere sehr klein ist, so hat sie auch eine Kraft, sich nach unten zu bewegen, und drückt also auf die Körper, die sich unter ihr befinden, und ihr Herabsteigen verhindern. Aus diesem Grunde drückt also die obere Luft auf die untere, und diese findet sich in einem Zustande der Zusammendrückung, die durch das Gewicht der ganzen Masse von Luft, die über ihr ist, bewürkt wird. Daher kommt es, daß in unsrer Region die Luft einen gewissen Grad von Dichtigkeit und Compression hat, zu dem sie durch das Gewicht der obern Luft gebracht wird; und wenn die obe-

re Luft mehr oder weniger schwer wäre, so würde auch unsre Luft mehr oder weniger zusammengedrückt werden. Die untere Luft trägt die Last der obern. Je weiter wir also auf einem Thurme oder auf einem Berge in die Höhe steigen, desto mehr verliert die Luft von ihrer Dichtigkeit, und wird dünner; und wäre es möglich, daß man immer höher steigen könnte, so würde sich die Luft endlich ganz und gar verlieren, oder so fein und so dünne werden, daß man sie gar nicht mehr merken würde. Hingegen, steigt man in einen tiefen Keller hinunter, so wird die Luft immer dichter und dichter, weil eine größre Menge Luft über ihr ist. Wenn man ein Loch bis zum Mittelpunkte der Erde machte, so würde die Dichtigkeit der Luft immer mehr und mehr zunehmen, bis sie des Wassers und endlich des Goldes seine erreichte.

den 17 May 1760.

Zwölfter Brief.

Nachdem ich gezeigt habe, daß die Luft eine flüßige des Zusammendrückens fähige und schwere Materie sey, so merke ich an, daß die ganze Erde von allen Seiten mit Luft umgeben ist, die man die Atmosphäre nennt. Und es ist auch in der That unmöglich, daß irgend eine Gegend der Erde von Luft leer sey, und daß sich über ihr gar nichts befinden, oder ein völlig leerer Raum seyn sollte. Denn die Luft der benachbarten Gegenden, da sie durch das Gewicht der obern Luft zusammengedrückt wird, und also eine beständige Gewalt anwendet sich auszudehnen, würde den Augenblick sich durch jene Gegend ausbreiten, und den leeren Raum ausfüllen. Also füllt die Atmosphäre den ganzen Raum um die Erde an, und allenthalben trägt die untere Luft die

Last

last der obern, und wird von ihr zusammen gedrückt. Nun wächst die Elasticität der Luft, wenn man sie zusammen drückt, und jeder Grad des Zusammendrückens bringt einen gewissen Grad der Elasticität mit sich, in welchem die Luft eine gleiche Gewalt anwendet sich auszudehnen. Also wird die Luft von dem Gewicht der obern Luft beständig zusammengedrückt, bis zu dem Grade wo ihre Elasticität der drückenden Kraft gleich wird. Alsdann wendet die Luft, ob sie gleich nur von oben gedrückt wird, vermöge ihrer Elasticität, eine Gewalt an, sich nach allen Gegenden auszubreiten, nicht bloß nach unten, sondern auch nach den Seiten zu. Das ist auch die Ursache, warum die Luft in einem Zimmer eben so stark zusammengedrückt wird als die äußere, welches manchen Philosophen so seltsam geschienen hat. Denn, sagen sie, in einem Zimmer wird die untere Luft nur von der, die im Zimmer über ihr ist, zusammengedrückt; indessen die äußere Luft durch das ganze Gewicht der Atmosphäre, deren Höhe beynahe unermeßlich ist, zusammengedrückt wird. Aber dieser Zweifel ist durch diese Eigenschaft der Luft, daß sie sich, wenn sie zusammengedrückt wird, nach allen Seiten auszudehnen sucht, leicht aufgelöst, und die Luft des Zimmers wird bald anfangs durch die äußere Luft zu eben dem Stande des Zusammendrückens und der Elasticität gebracht. So also mögen wir uns in einem Zimmer oder in freyer Luft befinden, wir finden immer gleich stark zusammengedrückte Luft; vorausgesetzt, daß es in gleicher Höhe oder gleicher Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde sey. Denn ich habe schon angemerkt, daß, wenn man auf einen hohen Thurm oder einen hohen Berg steigt, die Luft weniger zusammengedrückt ist, weil alsdann das Gewicht der Luft über ihr kleiner ist. Verschiedene Erscheinungen setzen diesen Zustand des Zusammendrückens der Luft

außer Zweifel. Wenn man eine Röhre A B nimmt, die am Ende A zu ist, und man sie, nachdem sie mit Wasser oder einer andern flüssigen Materie gefüllt worden, umkehrt, so, daß das offne Ende B unten zu stehen komme, so wird nichts herauslaufen. Die Elasticität oder der Druck der Luft, der gegen die flüßige Materie bey B stößt, erhält sie in der Röhre. Aber sobald man die Röhre bey A öffnet, so gleich fällt die flüßige Materie herunter. Die Ursache ist, weil die Luft alsdann auch von oben auf das Wasser drückt, und es also herunter treibt. Daraus sieht man, daß, so lange die Röhre oben geschlossen ist, die Kraft der äussern Luft das Wasser in derselben erhielt. Setzt man nun diese Röhre in ein Gefäß, aus dem man durch eine Luftpumpe die Luft weggenommen hat, so fällt das Wasser sogleich. Die Alten, denen diese Eigenschaft der Luft unbekannt war, sagten, daß die Natur, vermöge der Furcht oder des Abscheues, den sie vor dem leeren Raume habe, die flüßige Materie in der Röhre erhalte. Denn, sagen sie, wenn die flüßige Materie herabfiele, so würde oben in der Röhre ein leerer Raum bleiben, weil die Luft keinen Durchgang fände hinein zu kommen. Also die Furcht vor dem Leeren war nach ihrer Meynung das was die flüßige Materie verhinderte herunter zu fallen. Jetzo ist es ausgemacht, daß es die Kraft der Luft ist, die das Gewicht der flüßigen Materie in der Röhre erhält; und da diese Kraft eine bestimmte Größe hat, so kann die Wirkung nicht eine gewisse bestimmte Grenze überschreiten. Man hat gefunden, daß, wenn die Röhre A B, die mit Wasser angefüllt ist, höher ist als 33 Fuß, so bleibt das Wasser nicht mehr oben hangen, sondern es läuft so viel heraus

aus

aus, bis nur auf 33 Fuß hoch Wasser zurückbleibt, und oben darüber bleibt eine wirkliche Leere. Also kann die Kraft der Luft das Wasser in der Röhre nur bis auf die Höhe von 33 Fuß erhalten, und da dieselbe Kraft das Gewicht der ganzen Atmosphäre erhält, so schließt man daraus, daß die Atmosphäre so viel wiegt als eine Säule Wasser von 33 Fuß hoch. Wenn man anstatt des Wassers Quecksilber nimmt, das vierzehnmal schwerer ist, so ist die Kraft der Luft nur im Stande es in der Höhe von ohngefehr 28 Zollen zu erhalten. Und wenn die Röhre höher ist, so fällt das Quecksilber herunter, bis seine Höhe dem Druck der Atmosphäre gleich kommt. Eine solche Röhre oben zu und unten offen, mit Quecksilber gefüllt, ist eben das Instrument, das man einen Barometer nennt; und durch dieses hat man gesehen, daß die Atmosphäre nicht immer gleich schwer sey. Denn man erkennt ihre Schwere durch die Höhe des Quecksilbers im Barometer, die, wenn sie entweder wächst oder abnimmt, anzeigt, daß die Luft in unserm Dunstkreise um etwas schwerer oder leichter geworden sey. Das ist die wahre Art der Anzeige des Wetters durchs Barometer; und jedesmal da es steigt oder fällt, ist es ein sicheres Zeichen, daß das Gewicht oder der Druck der Luft größer oder kleiner werde. Und dieß hatte ich mir vorgenommen Ew. H. zu zeigen.

den 20 May 1760.

Dreyzehnter Brief.

Da ich Ew. H. die besondere Eigenschaft der Luft durch die sie sich in einen kleinern Raum zwingen oder sich condensiren läßt, erklärt habe: so ist es jetzo möglich von verschiedenen Wirkungen der Natur und der Kunst Grund anzugeben. Ich werde damit anfangen, daß ich die Windbüchsen erkläre; ein Instrument,

welches Ew. H. ohne Zweifel sehr wohl kennen. Das Außere an ihnen sieht ohngefähr eben so aus, wie an den ordentlichen Flinten, aber anstatt des Pulvers braucht man eine verdickte Luft, die Kugel abzuschießen. Um dieses Verfahren zu verstehen, muß man bemerken, daß, um die Luft zu verdicken oder zu condensiren, man eine desto größre Gewalt anwenden muß, je größer die Dichtigkeit seyn soll. Die Luft, wenn sie zusammengepreßt ist, wendet eine Gewalt an sich wieder auszudehnen; und diese Gewalt ist gerade so groß als die Kraft, die nöthig war, sie bis auf diesen Grad zu condensiren. Je verdickter also die Luft ist, je größer ist auch ihre Gewalt sich loszuspannen; und wenn die Luft zweymal dichter geworden ist als gewöhnlich, welches geschieht, wenn man sie in einem zweymal kleinern Raum treibt; so ist die Gewalt, mit der sie sich bemüht sich auszubreiten, dem Druck einer Wassersäule von der Höhe von 33 Fuß gleich. Ew. H. dürfen sich nur ein großes Faß von dieser Höhe, mit Wasser angefüllt, vorstellen; und das Wasser wird gewiß gegen den Boden eine große Gewalt anwenden. Wenn man darinne eine Oeffnung machte, so liefe das Wasser mit großer Gewalt heraus. Wollte man dieses Loch mit dem Finger zustopfen, so würde man diese Gewalt des Wassers sehr wohl merken; und eine ähnliche Gewalt leidet der Boden des Fasses allenthalben. Nun steht ein Gefäß, das eine zweymal dichtere Luft, als die gewöhnliche ist, in sich enthält gerade eine eben so große Gewalt aus; und wenn es nicht stark genug ist eine solche Gewalt auszuhalten, so wird es springen. Die Wände eines solchen Gefäßes müssen also eben so stark seyn als der Boden des genannten Fasses. Wäre die Luft in diesem Gefäß dreymal so dichte als gewöhnlich, so würde ihre Kraft noch einmal so groß seyn, und einerley mit der, die der Boden eines Fasses von 66 Fuß Höhe mit Wasser angefüllt aushält. Ew. H. begreifen

sen leicht, daß diese Gewalt sehr groß seyn wird; und sie wächst noch in eben dem Verhältniß, wenn die Luft vier, fünf oder mehrmal dichter ist als gewöhnlich. Das vorausgesetzt; so giebt es auf dem Boden einer Windbüchse eine von allen Seiten wohl verschloßne Höhlung, in die man die Luft je mehr und mehr hinein zwingt, um sie daselbst zu einem so hohen Grade von Dichtigkeit zu bringen, als die Kräfte, die man anwendet, es erlauben; durch dieses Mittel bekommt die in dieser Höhlung eingeschlossene Luft eine erschreckliche Gewalt heraus zu fahren; und wenn man darinn eine Oeffnung macht, so wird sie in der That mit dieser Gewalt heraus fahren. Eine solche Oeffnung ist wirklich da; die in die Höhlung des Rohrs geht, wo man die Kugel hinein thut. Diese Oeffnung wird fest verstopft; aber wenn man losschießen will, so macht man eine gewisse Bewegung, durch die sich das Loch auf einen Augenblick öffnet; und die herausfahrende Luft treibt die Kugel mit der großen Gewalt heraus, mit der wir sie fortschießen sehen. Bey jedem Schusse bleibt dieses Loch nur einen Augenblick offen; es fährt also nur ein Theil Luft heraus, und es bleibt noch genug zurück mehrere Schüsse zu thun. Aber jedesmal vermindert sich die Dichte der Luft und also auch ihre Kraft; und das ist der Grund, warum die folgenden Schüsse nicht mehr so stark wie die ersten sind, und ihre Kraft sich endlich ganz verliert. Wenn das gedachte Loch länger offen bliebe, so würde mehr Wind, und größtentheils unnütz, heraus fahren, denn diese Kraft wirkt auf die Kugel nur so lange, als sie noch in dem Büchsenrohre ist: sobald sie heraus ist, so ist das Loch umsonst offen. Daraus begreift man, daß, wenn man die Verdickung der Luft weiter treiben könnte, man durch Windbüchsen eben die Wirkungen hervorbringen würde, wie durch ordentliche Flinten und Kanonen. In der That ist auch die Wirkung der Ar-

tillerie

tillerie auf das nämliche Principium gegründet. Das Schießpulver ist nichts anders als eine Materie, die eine äußerst verdickte Luft in ihren Poris einschließt. Die Natur hat hier selbst die nämlichen Operationen gemacht, die wir machen, wenn wir die Luft zusammen drücken; aber die Natur hat hier diese Zusammendrückung auf einen weit höhern Grad getrieben. Es kommt bloß darauf an, diese kleinen Höhlungen zu öffnen wo diese verdickte Luft eingeschlossen ist, um ihr einen freyen Ausgang zu verschaffen. Das geschieht nun durchs Feuer, welches diese kleinen Höhlungen zerbricht. Die eingeschloßne Luft fährt also mit der größten Gewalt auf einmal heraus, und treibt die Flinten- und die Kanonenkugeln auf eben die Art, wie wir bey den Windbüchsen gesehen haben, aber mit einer viel größern Gewalt, heraus. Hier haben wir also zwey erstaunliche Wirkungen, die beyde in der Pressung der Luft ihren Grund haben, nur mit dem Unterschiede, daß bey der einen die Kunst, bey der andern die Natur selbst diese Zusammendrückung veranstaltet hat. Nun sieht man hier, wie allenthalben, daß die Wirkungen der Natur denjenigen unendlich überlegen sind, die die menschliche Geschicklichkeit hervorbringen kann; und allenthalben finden wir die augenscheinlichsten Ursachen, die Weisheit und Macht des Urhebers der Natur zu bewundern.

den 24 May 1760.

Vierzehenter Brief.

Außer den Eigenschaften der Luft, die ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. zu erklären, giebt es noch eine sehr merkwürdige, die ihr mit allen, selbst den festen Körper, gemein ist; das ist die Veränderung, die Wärme und Kälte in ihr hervorbringt. Man bemerkt überhaupt, daß alle Körper größer werden, wenn sie sich erwärmen.

wärmen. Man hat ein gewisses Instrument, das man Pyrometer nennt, von einer solchen Einrichtung, daß es die kleinsten Verlängerungen oder Verkürzungen anzeigt, die in einer demselben nahe gebrachten Stange vorgehen. Ew. H. weiß, daß in einer Uhr einige Räder sehr langsam gehen, indem die Bewegung anderer sehr schnell ist, ob gleich diese durch die Bewegung der erstern hervorgebracht wird. Durch eine solche Art von Uhrwerk kann man machen, daß aus einer beynah unmerklichen Veränderung eine andre sehr beträchtliche entspringet; und das thut man eben in dem Instrumente, das Pyrometer heißt, von dem ich rede. Wenn eine Stange von Eisen oder irgend einer andern Materie darauf gelegt wird, und sie nur ein klein wenig länger oder kürzer wird, so wird ein Zeiger, den es hier wie an einer Uhr giebt, dadurch getrieben, einen sehr beträchtlichen Raum zu durchlaufen. Bringt man also eine Stange Eisen oder eine andere Materie an dieses Instrument, und setzt eine Lampe darunter, um die Stange zu erwärmen, so wird der Zeiger sogleich in Bewegung gesetzt, und zeigt daß die Stange länger geworden ist; und jemehr die Wärme zunimmt, je mehr nimmt auch die Stange an Länge zu. Aber löscht man die Lampe aus, und läßt die Stange wieder erkalten, so bewegt sich der Zeiger nach der entgegenstehenden Richtung, und zeigt dadurch an, daß die Stange kürzer geworden ist. Unterdessen ist diese Veränderung so klein, daß man viel Mühe hätte, sie ohne die Hülfe dieses Instruments gewahr zu werden. Man merkt dem ohnerachtet diese Abwechselung auch in den Penduluhren. Der Perpendikul wird daran gehangen, um die Bewegung zu bestimmen. Verlängert man den Perpendikul, so gehet die Uhr langsamer; verkürzt man ihn, so läuft sie geschwinder. Nun bemerkt man, daß bey großer Hitze alle diese Uhren zu langsam, und bey großer Kälte zu geschwinde gehen; welches ein sicheres

Kenn-

Kennzeichen ist, daß der Perpendikul durch die Hitze länger und durch die Kälte kürzer geworden ist. Eine solche Veränderlichkeit durch Wärme und Kälte findet sich in allen Körpern; aber sie ist nach der Beschaffenheit der Materie, aus der die Körper zusammengesetzt sind, sehr verschieden. Einige sind weit empfindlicher dagegen als andere. In den flüßigen Körpern ist diese Veränderlichkeit vorzüglich merklich. Um sich davon zu versichern, nimmt man eine Glasröhre B C, die am Ende B mit einer hohlen Kugel A zusammen hängt; und füllt sie mit irgend einer flüßigen Materie an, z. E. bis M. Wenn man nun die Kugel A erwärmt, so steigt das Flüßige von M nach C, und wenn man sie kalt macht, so fällt es gegen B, woraus man klar sieht, daß eben dieselbe flüßige Materie in der Wärme einen größern, und in der Kälte einen kleinern Raum einnimmt. Man sieht auch, daß diese Veränderung merklicher seyn muß, wenn die Kugel weit, und die Röhre enge ist. Denn wenn die ganze Masse der flüßigen Materie sich um ihren tausendsten Theil vermehrt oder vermindert, so wird dieser tausendste Theil einen um desto größern Raum in der Röhre einnehmen, je enger die Röhre ist. Ein solches Instrument ist mithin sehr geschickt, uns die verschiedenen Grade von Wärme und Kälte anzuzeigen. Denn wenn in diesem Instrumente die flüßige Materie steigt oder fällt, so ist es ein sicheres Zeichen, daß die Hitze wächst oder abnimmt. Dieses Instrument heißt Thermometer, und dient dazu, die Veränderungen der Wärme und Kälte anzuzeigen. Es ist vom Barometer gänzlich unterschieden, der uns die Schwere der Luft, oder vielmehr die Kraft, mit der sie hier unten zusammengedrückt ist, anzeigt.

Diese

Diese Erinnerung ist desto nothwendiger, weil die Barometer und Thermometer sich einander gewöhnlicher Weise sehr ähnlich sehen, da alle beyde Röhren mit Quecksilber angefüllt sind. Aber die Art sie zu verfertigen, und die Grundsätze, worauf sie beruhen, sind gänzlich verschieden. Eben diese Eigenschaft aller Körper, daß sie sich von der Hitze ausdehnen und von der Kälte zusammenziehen, kommt auch der Luft zu, und zwar in einem sehr hohen Grade. Davon nehme ich mir vor in dem nächsten Briefe zu reden.

den 27 May 1760.

Funfzehnter Brief.

Wärme und Kälte thun auf die Luft eben die Wirkung, wie auf alle andre Körper. Durch die Wärme wird die Luft verdünnt, und durch die Kälte verdickt. Nach dem nun, was ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. zu erklären, ist eine gewisse Quantität von Luft nicht darauf eingeschränkt, einen gewissen bestimmten Raum einzunehmen, wie alle übrige Körper; sondern die Luft strebt, vermöge ihrer Natur, beständig einen größern Raum einzunehmen; und dehnt sich auch wirklich aus, sobald sie kein Hinderniß mehr findet, das sich ihrer weitern Ausdehnung widersetzet. Das ist die Eigenschaft der Luft, die man Elasticität nennt. So, wenn die Luft in ein Gefäß eingeschlossen ist, wendet sie eine Gewalt an, dieses Gefäß zu zerbrechen, und diese Gewalt ist um so viel größer, je mehr die Luft im Gefäß verdickt ist. Daraus haben wir die Regel gezogen, daß die Elasticitäe der Luft ihrer Dichtigkeit proportionirt sey: so daß, wenn die Luft zweymal dichter ist, ihre Elasticität auch zweymal größer wird, und überhaupt, daß zu jedem Grade der Dichtigkeit ein gewisser Grad von Elasticität gehöre. Jetzo aber müssen wir anmerken, daß die Regel nur so

lange

lange wahr ist, als die Luft denselben Grad von Wärme behält. Sobald die Luft wärmer wird, sobald bekommt sie eine größere Gewalt sich auszudehnen, als die eigentlich ihrer Dichtigkeit zukäme; und die Kälte thut die entgegenstehende Wirkung, indem sie die ausdehnende Kraft vermindert. Um also die wahre wirkliche Elasticität einer Masse von Luft zu erfahren, ist es nicht genug ihre Dichtigkeit zu wissen, man muß auch den Grad von Wärme wissen, den sie hat. Um dieß besser ins Licht zu stellen, wollen wir uns zwey von allen Seiten fest verschlossene Zimmer vorstellen, die aber durch eine Thüre mit einander Gemeinschaft haben; in beyden herrsche derselbe Grad von Wärme. Also muß auch in beyden sich die Luft in einer gleichen Dichtigkeit befinden: denn wenn die Luft in dem einen dichter und also elastischer wäre als in dem andern, so würde ein Theil aus diesem heraus und in jenes übergehen, bis der Grad der Dichtigkeit in beyden Zimmern derselben wäre. Aber nun wollen wir setzen, ein Zimmer werde wärmer als das andre; die Luft wird also, indem sie hier eine größere Elasticität bekommt, sich in der That ausdehnen, und indem sie in das andere Zimmer hineindringt, die Luft hier in einen engern Raum treiben, bis die Elasticität in beyden Zimmern wieder auf dem nämlichen Grad stehe. So lange das vorgeht, wird ein Wind durch die Thüre aus dem warmen Zimmer in das kalte gehen; und wenn das Gleichgewicht wieder hergestellt seyn wird, so wird die Luft in dem warmen Zimmer mehr verdünnt, und in dem kalten mehr verdickt seyn. Unterdessen wird doch die Elasticität der beyderseitigen Luft dieselbe seyn. Daraus erhellt, daß zwey Massen Luft von einer ungleichen Dichtigkeit doch dieselbe Elasticität haben können, nämlich, wenn eine wärmer ist als die andre; und unter dieser Bedingung also, können zwey Massen Luft von demselben Grade der Dichtigkeit verschiedne Grade von Elasticität

tät haben. Was ich von zwey Zimmern gesagt habe, kann man auch auf zwey Gegenden anwenden. Daraus sieht man ein, daß, wenn eine Gegend wärmer wird als eine andre, die Luft nothwendig von der einen gegen die andre zufließen muß; und daraus entsteht der Wind. Das ist also schon eine sehr fruchtbare Quelle der Winde, ob es gleich vielleicht noch andre geben kan, z. B. die verschiedene Wärme in den verschiedenen Gegenden der Erde. Man kann beweisen, daß die ganze Luft um die Erde herum nicht eher in Ruhe seyn kann, bis allenthalben in gleicher Höhe, einerley Grad sowohl von Dichtigkeit als von Wärme ist. Und wenn auf einmal auf der ganzen Erde kein Wind wäre, so könnte man daraus sicher schliessen, daß die Luft in gleicher Entfernung von der Erde allenthalben gleich dichte und gleich warm sey. Da aber das niemals geschieht, so muß es schlechterdings beständig Winde geben, wenigstens in einigen Regionen der Luft. Aber diese Winde finden sich größtentheils nur auf der Oberfläche der Erde; und je höher man kommt, je weniger sind die Winde heftig. Daraus folgt, daß in sehr hohen Gegenden allenthalben auf der ganzen Erde derselbe Grad von Wärme und der Dichtigkeit der Luft herrsche. Denn wenn es an einem Orte wärmer wäre wie am andern, so könnte die Luft nicht ruhig seyn, und es müßte einen Wind geben. Weil es also keinen Wind in diesen erhabenen Gegenden giebt, so muß durchaus der Grad von Wärme allenthalben und beständig derselbe seyn. Ohne Zweifel ist dieß eine sehr widersinnige und seltsame Erscheinung, wenn man die großen Abwechselungen von Wärme und Kälte bedenkt, die hier unten nur innerhalb eines Jahres und selbst von einem Tage zum andern vorgehen; ohne noch von den Verschiedenheiten des Clima zu sprechen, von der unerträglichen Hitze unter der Linie, und der erschrecklichen Kälte unter den Polen. Unterdessen bestätigt doch die Erfahrung die

Wahrheit dieses so wunderlich scheinenden Satzes. Auf den hohen Gebirgen der Schweitz bleibt der Schnee und das Eis im Sommer eben so wie im Winter; und auf den Cordelieren, welches hohe Berge in Peru in Amerika sind, die unter der Linie selbst liegen, bleibt Schnee und Eis unveränderlich, und herrscht eine eben so außerordentliche Kälte als in den Gegenden um den Pol. Die Höhe dieser Berge ist noch keine deutsche Meile oder 24000 Fuß; woraus man also sicher schlüßen kann, daß, wann wir bis zu einer Höhe von 24000 Fuß über die Erde uns erheben könnten, wir allenthalben einerley Grad von Kälte, und zwar eine sehr strenge Kälte, antreffen würden. Wir würden dort weder im Winter noch im Sommer, weder bey der Linie noch unter den Polen den geringsten Unterschied wahrnehmen. In dieser Höhe und einer noch größern ist der Zustand der Atmosphäre beständig derselbe; und die Abwechselungen der Wärme und Kälte haben nur hier unten bey der Oberfläche der Erde Statt. Nur hier unten wird die Wirkung der Sonnenstralen merklich. Ew. H. werden ohne Zweifel begierig seyn die Ursache davon zu wissen; und das wird die Materie meines nächsten Briefes seyn.

den 31 May 1760.

Sechzehenter Brief.

Das ist eine sehr befremdende Erscheinung, daß allenthalben auf der Erde, wenn man bis auf eine sehr große Höhe, z. E. von 24000 Fuß kömmt (voraus gesetzt daß das möglich wäre) man einen gleichen Grad von Kälte empfindet, da indeß hier bey uns die Veränderungen der Wärme, nicht nur in Ansehung der Himmelsstriche, sondern auch an demselben Orte in den verschiedenen Jahreszeiten, so groß sind. Diese Abwechselung bey uns unten wird ohne Zweifel durch die Son-

ne verursacht; und es scheint, daß ihr Einfluß in der Höhe und in der Tiefe einerley seyn sollte, besonders wenn wir bedenken, daß eine Höhe von 24000 Fuß in Absicht auf die Entfernung der Sonne, die ohngefehr 30 Millionen Meilen beträgt, schlechterdings nichts ist; ob sie gleich in Ansehung unserer sehr groß ist, und selbst die höchsten Wolken übertrifft. Das ist also eine sehr erhebliche Schwürigkeit, die man suchen muß aufzulösen. Zu dem Ende bemerke ich zuförderst, daß die Sonnenstralen die Körper nur in so weit erwärmen, als die Körper ihnen keinen freyen Durchgang erlauben. Ew. H. wissen, daß man die Körper durchsichtige Körper nennt, durch die man die Gegenstände sehen kann. Solche Körper sind das Glas, der Crystall, der Diamant, das Wasser, und verschiedene andre flüßige Körper, obgleich die einen mehr oder weniger durchsichtig sind als die andern. Ein solcher durchsichtiger Körper, wenn er in die Sonne gelegt wird, wird davon nicht so warm als ein andrer nicht durchsichtiger Körper, wie Holz, Eisen rc. Körper, die nicht durchsichtig sind, heißen dunkle Körper; so zündet ein Brennglas, indem es die Sonnenstralen durch sich hindurch läßt, die dunkeln Körper an, und wird selbst nicht warm. So wird das Wasser, wenn es an die Sonne gesetzt wird, nur in so weit ein wenig warm, als es nicht vollkommen durchsichtig ist; und wenn wir sehen, daß das Wasser an den Ufern der Flüsse ziemlich von der Sonne erwärmt wird, so geschieht das bloß, weil der Grund des Flusses, als ein dunkler Körper, von den Stralen, die das Wasser durchläßt, erwärmt wird. Nun erwärmt jeder warme Körper die, welche um ihn herum sind: also wird auch das Wasser, von dem ich rede, durch den Boden erwärmt. Aber ist das Wasser sehr tief, so daß die Stralen nicht bis auf den Grund kommen können, so merkt man beynahe keine Wärme,

wenn auch die Sonne noch so stark darauf scheint. Nun ist die Luft ein sehr durchsichtiger Körper, und selbst in einem höhern Grade als das Glas oder das Wasser; woraus folgt, daß die Luft von der Sonne nicht erwärmt werden kann, weil die Stralen frey hindurch gehen. Alle Wärme, die wir oft in der Luft empfinden, wird ihr bloß von den dunkeln Körpern, die durch die Stralen der Sonne erwärmt sind, mitgetheilt, und wenn es möglich wäre, alle diese Körper zu vernichten, so würde die Luft in ihrer Temperatur beynahe gar keine Veränderung durch die Sonnenstralen leiden. Sie würde gleich kalt bleiben, sie möchte der Sonne ausgesetzt seyn oder nicht. Unterdessen ist hier bey uns die Luft nicht vollkommen durchsichtig: zuweilen ist sie so mit Dünsten angefüllt, daß sie beynahe ganz ihre Durchsichtigkeit verliert, und uns nur einen Nebel sehen läßt. Und wenn die Luft sich in diesem Zustande befindet, so haben die Sonnenstralen mehr Gewalt über sie, und können sie unmittelbar erwärmen. Aber solche Dünste steigen nicht sehr hoch; und in der Höhe von 24000 Fuß und drüber, wird die Luft so fein und so rein, daß sie vollkommen durchsichtig ist, und daher können die Sonnenstralen hier unmittelbar keine Wirkung auf sie thun. Von den Körpern auf der Erde ist diese Luft auch zu weit entfernt, um von ihnen Wärme mitgetheilt zu bekommen; denn diese Mittheilung erstreckt sich nicht weit. Daraus werden Ew. H. leicht einsehen, daß in den über die Oberfläche der Erde sehr erhabenen Gegenden die Sonnenstralen keine Wirkung hervorbringen können, und daß also hier beständig und allenthalben einerley Grad von Kälte herrschen muß, weil die Sonne keinen Einfluß auf sie hat, und die Wärme der Körper auf der Erde sich nicht bis dahin mittheilen kann. Ohngefehr so ist es auch auf hohen Bergen, wo es immer kälter ist als auf der Ebene und in Thälern. Die Stadt Quito in Peru liegt beynahe

nahe unter der Linie, und nach ihrer Lage zu urtheilen, müßte die Hitze unerträglich seyn; gleichwohl ist die Luft ziemlich gemäßigt, und wenig von der zu Paris unterschieden. Nun liegt diese Stadt auf einer großen Höhe über der eigentlichen Oberfläche der Erde. Wenn man von der See aus dahin reist, so muß man einige Tage lang beständig steigen. Das Erdreich muß also dort eben so erhaben seyn als die höchsten Berge bey uns, ob es gleich noch von sehr hohen Gebirgen, die man die Cordelieres nennt, eingeschlossen wird. Des letztern Umstandes wegen sollte, wie es scheint, die Luft dort eben so warm seyn, als auf der Oberfläche der Erde, weil sie allenthalben an dunkle Körper stößt, auf die die Sonnenstralen fallen. Dieser Einwurf ist sehr stark; und es kann keine andere Ursache geben, warum es nicht geschieht, als weil die Luft zu Quito, da sie sehr hoch ist, auch sehr fein und weniger schwer ist als bey uns, wie das Barometer unwidersprechlich beweist, das dort einige Zoll niedriger steht als bey uns. Eine solche Luft aber kann nicht so viel Wärme annehmen als eine gröbere Luft, weil sie nicht so viel Dünste und andere Theilchen, die gewöhnlicher Weise in der Luft herum schwimmen, enthalten kann; wir wissen aber aus der Erfahrung, daß eine sehr mit Dünsten angefüllte Luft weit geschickter ist warm zu werden. Ich kann noch eine ähnliche Erscheinung hinzufügen, die nicht weniger befremdend ist; die nämlich: daß in sehr tiefen Kellern oder noch tiefer, wenn es möglich wäre dahin zu kommen, durchaus und beständig eben derselbe Grad von Wärme herrschet. Die Ursache ist ohngefähr eben dieselbe. Da die Sonnenstralen eigentlich nur auf der Oberfläche der Erdkugel ihre Wirkung hervorbringen, von wo aus sie sich in die Höhe sowohl als in die Tiefe mittheilen; diese Mittheilung aber sich nicht weit erstrecken kann; so sind große Tie-

sen so wie große Höhen schlechterdings unempfindlich dagegen. Ich hoffe, daß diese Auflösung Ew. H. befriedigen wird.

den 3. Jun. 1760.

Siebenzehenter Brief.

Da ich so viel von den Sonnenstralen geredet habe, die den Grund aller Wärme und alles Lichts, das wir genießen, enthalten: so werden Ew. H. ohne Zweifel fragen: was sind denn die Sonnenstralen? Unstreitig ist dieß eine der wichtigsten Fragen in der Physik, und von ihr hängt die Erklärung einer Menge von Erscheinungen ab. Alles was das Licht angeht und uns die Gegenstände sichtbar macht, hängt mit dieser Frage genau zusammen. Die alten Philosophen scheinen sich sehr wenig um die Auflösung dieser Frage bekümmert zu haben. Die meisten begnügten sich damit, daß sie sagten, die Sonne habe eine Kraft zu wärmen und zu leuchten. Aber man hat sehr Ursache zu fragen: worinn besteht denn diese Kraft? Kommt etwas von der Sonne selbst oder von ihrer Substanz zu uns? Oder geschieht vielleicht etwas ähnliches mit dem, was bey einer Glocke vorgeht, deren Schall auch bis zu uns kommt, ohne daß der kleinste Theil der Glocke zu unsern Ohren gebracht würde; wie ich die Ehre gehabt habe Ew. H. zu zeigen, da ich die Fortpflanzung und Empfindung des Schalls erklärte. Cartesius, der erste unter den neuen Philosophen, behauptete das Letztere. Er füllte die ganze Welt mit einer sehr feinen Materie an, die aus lauter kleinen Kugeln bestand, und die er das zweyte Element nannte. Diese kleinen Kugeln werden, nach seinem System, von der beständigen zitternden Bewegung, in die er die Sonne setzte, angestoßen, und theilen diese ihre Bewegungen in einem

einem Augenblicke durch die ganze Welt mit. Aber seitdem man entdeckt hat, daß die Sonnenstralen nicht in einem Augenblicke bis zu uns kommen, daß sie ohngefehr 8 Minuten Zeit brauchen, diese große Weite zu durchlaufen: so hat man die Meynung des Cartesius verlassen, ohne noch an die übrigen großen Schwierigkeiten, die bey diesem System sind, zu gedenken. Nach der Zeit hat der große Newton die erste Meynung angenommen, und hat behauptet, daß die Sonnenstralen wirklich aus dem Körper der Sonne ausfließen; und daß äußerst feine Theilchen von ihr mit einer solchen unbegreiflichen Geschwindigkeit fortgeschleudert werden, daß sie ohngefehr in 8 Minuten von der Sonne zu uns gelangen. Diese Meynung, die die Meynung der meisten heutigen Philosophen, und vornehmlich der Engländer ist, wird das System des Ausflusses (der Emanation) genannt, weil man glaubt, daß von der Sonne, und so auch von jedem leuchtenden Körper, wirklich Stralen ausfließen, wie das Wasser aus einem Brunnen fließt oder heraus springt. Diese Meynung scheint gleich anfangs kühn und der Vernunft zuwider zu seyn. Denn würfe die Sonne beständig und nach allen Seiten solche Ströme leuchtender Materie mit einer so erstaunenden Geschwindigkeit aus: so scheint es, die Materie der Sonne müßte bald erschöpft seyn, oder wenigstens müßte man in so vielen Jahrhunderten eine Verminderung gewahr werden; und doch ist dieß den Beobachtungen entgegen. Gewiß, ein Brunnen, der nach allen Seiten Wasser springen ließe, würde um desto eher erschöpft seyn, je größer die Geschwindigkeit wäre; und also sollte die erstaunende Geschwindigkeit der Lichtstralen den Körper der Sonne bald erschöpfen. Man mag die Theilchen, aus denen diese Stralen bestehen, noch so fein annehmen, man gewinnt damit nichts; das System bleibt immer gleich unwahrscheinlich. Man kann nicht sagen, daß dieses

Ausfließen nicht rings herum und nach allen Seiten geschehe; denn man mag sich an einen Ort stellen wohin man will, so sieht man die Sonne ganz, welches unwidersprechlich beweist, daß von allen Punkten der Sonne Stralen gegen diesen Ort auslaufen. Der Fall ist also noch sehr von dem bey einem Springbrunnen verschieden, wenn auch gleich dieser das Wasser nach allen Seiten springen liesse. Denn hier ist doch immer nur ein einziger Ort, von welchem der Strom nach einer gewissen Gegend ausläuft; und jeder Punct schießt nicht mehr als einen einzigen Stral Wasser; aber bey der Sonne schießt jeder Punkt der Oberfläche eine unendliche Menge von Stralen nach allen Richtungen ab. Dieser einzige Umstand vermehrt den Aufwand unendlich, den die Sonne an leuchtender Materie machen muß. Aber es ist noch eine nicht geringere Schwierigkeit dabey; die nämlich, daß nicht bloß die Sonne, sondern auch alle Sterne Stralen werfen. Also, da es allenthalben Stralen der Sonne und der Sterne geben würde, die sich einander begegneten, mit welcher Gewalt müßten sie nicht gegen einander stoßen; Und wie sehr müßte ihre Richtung nicht dadurch geändert werden? Ein ähnliches Durchkreuzen der Lichtstralen müßte bey allen leuchtenden Körpern, die man auf einmal sieht, vorgehen: und doch erscheint jeder deutlich, ohne durch die übrigen die geringste Verwirrung zu leiden; und das ist ein sehr sicherer Beweis, das mehrere Stralen durch denselben Punkt gehen können, ohne sich einander zu stören, welches mit dem System der Emanation unvereinbar zu seyn scheint. In der That darf man nur zwey Springwasser sich begegnen lassen, so wird man bald sehen, daß sie sich erschrecklich in ihren Bewegungen zerrütten werden. Es muß also die Bewegung der Lichtstralen von der Bewegung der Springwasser, und überhaupt aller andern Materien, die geworfen werden könnten, verschieden seyn. Wenn man weiter

weiter die durchsichtigen Körper betrachtet, durch welche die Stralen frey und nach allen Seiten hindurch können: so müssen die Anhänger dieser Meynung sagen, daß diese Körper Poros haben, die in geraden Linien von jedem Punkte nach allen Seiten hindurch gehen; indem man keine Linie sich in ihnen denken kann, nach welcher nicht ein Sonnenstrahl hindurch könnte, und noch dazu mit einer so erschrecklichen Geschwindigkeit, und ohne sich zu stoßen. Das sind also sehr durchlöcherte Körper, die demohnerachtet sehr dichte scheinen. Endlich, wenn wir sehen sollen, so müssen die Strahlen in unser Auge kommen; sie müssen die Substanz desselben mit eben der Geschwindigkeit durchdringen. Ich glaube, alle diese Schwierigkeiten werden Ew. H. hinlänglich überführen, daß dieses System der Emanation in der Natur nicht Statt haben kann; und Ew. H. werden ohne Zweifel erstaunen, daß eben dieses System von einem so großen Manne ist ausgedacht, nnd von so viel aufgeklärten Philosophen angenommen worden. Aber Cicero hat schon die Anmerkung gemacht, daß sich nichts so Ungereimtes denken liesse, was nicht die Philosophen im Stande wären zu behaupten.

den 7 Jun. 1760.

Achtzehenter Brief.

So seltsam auch diese Meynung des großen Newtons Ew. H. scheinen mag, daß die Sonnenstralen durch einen wirklichen Ausfluß der Sonne zu uns kommen, so hat sie doch einen so allgemeinen Beyfall gefunden, daß man kaum gewagt hat, daran zu zweifeln. Am meisten hat dazu das große Ansehen dieses erhabnen englischen Weltweisen beygetragen, der zuerst die wahren Gesetze von der Bewegung der himmlischen Körper entdeckt hat. Eben diese Entdeckung aber hat ihn auf das System der Emanation gebracht. Cartesius war genöthigt,

um seine Erklärung zu behaupten, den ganzen Himmelsraum mit einer feinen Materie anzufüllen, durch die alle himmlische Körper sich frey hindurch bewegen könnten. Man weis aber, daß, wenn ein Körper sich durch die Luft bewegt, er einen gewissen Widerstand findet. Newton schloß also daraus, daß, man möchte die Materie des Himmels auch noch so fein annehmen, die Planeten doch einen Widerstand in ihrer Bewegung finden würden. Nun, sagt er, ist diese Bewegung keinem Widerstand unterworfen; also muß der unermeßliche Himmelsraum gar keine Materie enthalten; also muß eine völlige Leere seyn: und das ist einer der vornehmsten Lehrsätze der Newtonschen Philosophie, daß der unermeßliche Umfang der Welt in den Zwischenräumen zwischen den himmlischen Körpern gar keine Materie enthält. Dem zu folge also muß von der Sonne bis zu uns, oder wenigstens bis zur Atmosphäre der Erde eine vollkommne Leere seyn; und in der That, je höher wir kommen, desto feiner finden wir die Luft; so daß es scheint, sie müsse sich endlich ganz verlieren. Ist nun der Raum zwischen der Sonne und der Erde schlechterdings leer, so ist es unmöglich, daß die Stralen durch die Art von Fortpflanzung zu uns kommen sollten, wie der Schall einer Glocke durch die Luft fortgepflanzt wird; bey der wir, sobald als die Luft von der Glocke bis zu uns vernichtet würde, schlechterdings nichts mehr hören könnten; man möchte in die Glocke so stark schlagen als man wollte. Wenn man also einmal eine völlige Leere zwischen den himmlischen Körpern angenommen hat, so bleibt gar keine andre Meynung als die von der Emanation anzunehmen, übrig; und das ist eben die Ursache, die Newton bewogen hat, zu behaupten, das die Sonne, und auf eben die Art alle leuchtende Körper, wirklich Stralen werfen, und daß die Stralen allemal ein wirklicher Theil des leuchtenden Körpers sind, der mit einer erschrecklichen Gewalt fort-

gestos-

gestoßen wird. Diese Gewalt müßte freylich erschrecklich seyn, wenn sie den Stralen diese unbegreifliche Geschwindigkeit mittheilen sollte, durch die sie in acht Minuten von der Sonne bis zu uns kommen. Aber wir wollen jetzo sehen, ob diese Erklärung mit der eigentlichen Absicht des Newtons, ein absolutes Leere in den Himmel zu bringen, damit die Planeten keinen Widerstand finden sollen, bestehen kann. Ew. H. werden leicht einsehen, daß der Himmelsraum, anstatt leer zu bleiben, mit Stralen, nicht bloß von der Sonne, sondern noch außerdem von allen Sternen, erfüllt seyn wird, die von allen Seiten und nach allen Gegenden, und noch dazu mit der größten Geschwindigkeit durch ihn hinfahren. Die himmlischen Körper also, die durch diesen Raum sich bewegen, finden anstatt einer vollkommnen Leere, die Materie der Lichtstralen in der erschrecklichsten Bewegung, durch die diese Körper weit mehr in ihrem Lauf gestört werden müssen, als wenn diese Materie in Ruhe wäre. *Newton* also, der besorgt war, daß eine dünne *Materie*, so wie sie Cartesius annahm, den Lauf der *Planeten* stören möchte, gerieth auf ein sehr seltsames und seiner Absicht gerade entgegenstehendes Hülfsmittel; wenn man bedenkt, daß durch dieses Mittel die Bewegung der Planeten eine unendlich größere Zerrüttung leiden müsse. Ein sehr trauriges Beyspiel von der menschlichen Weisheit, die, indem sie einer gewissen Schwürigkeit ausweichen will, in weit größere Ungereimtheiten verfällt. Ich habe schon die Ehre gehabt, Ew. H. so viel unübersteigliche Schwürigkeiten in dem System der Emanation zu zeigen; und nun sehen wir, daß der vornehmste und sogar der einzige Grund, der den Newton zu dieser Meynung gebracht hat, mit derselben so widersprechend ist, daß sie ganz und gar dadurch umgestoßen wird. Alle diese Gründe zusammengenommen, können uns nicht einen Augenblick unschlüßig lassen, ob

wir

wir dieses seltsame System des Ausfließens der Stralen verlassen sollen, so groß auch immer das Ansehen des Philosophen seyn mag, der es zuerst eingeführt hat. Newton ist ohnstreitig einer der größten Geister gewesen, die jemals gelebt haben; und seine tiefe Einsicht und der Scharfsinn, mit dem er in die verborgensten Geheimnisse der Natur eingedrungen ist, wird immer für uns und die Nachwelt der größte Gegenstand der Bewunderung bleiben. Aber die Verirrungen dieses großen Mannes müssen dazu dienen, uns zu demüthigen, und die Schwäche des menschlichen Verstandes kennen zu lernen, der, wenn er sich auf die höchste Stufe erhoben hat, welche Menschen erreichen können, dem ohneracheet oft in Gefahr ist, in die gröbsten Irrthümer zu gerathen. Wenn wir in unsern Untersuchungen über die Erscheinungen dieser sichtbaren Welt so leicht und auf eine so handgreifliche Art fehlen können, wie unglücklich wären wir nicht, wenn uns Gott in Ansehung der unsichtbaren Dinge, die unser ewiges Heil betreffen, uns selbst überlassen hätte! Ueber diesen wichtigen Punkt ist uns eine Offenbarung schlechterdings nothwendig gewesen; wir müssen also mit der größten Ehrerbietung davon Gebrauch machen; und wenn sie uns Sachen vorstellt, die unbegreiflich scheinen, so dürfen wir uns nur an die Schwäche unsrer Vernunft erinnern, die sich so leicht in sichtbaren Dingen irrt. So oft ich einige von den starken Geistern sehe, die über die Wahrheit unsrer Religion richten, und sogar mit der unverschämtesten Dreistigkeit über sie spotten, so denke ich: elende Menschen! Wie weit sind nicht die Sachen, über die ihr so leichtsinnig den Ausspruch thut, erhabner als die, bey denen der große Newton sich so gröblich irrete! Ich wünschte, daß Ew. H. niemals diese Betrachtung vergäßen: die Gelegenheiten kommen hier nur gar zu oft vor, wo man sie nöthig hat.

den 10. Jun. 1760.

Neunze-

Neunzehenter Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß das System von dem Ausfließen der Stralen großen Schwürigkeiten unterworfen ist; und daß die Meynung von einer Leere, die den ganzen Raum zwischen den himmlischen Körpern einnähme, auf keine Weise Statt haben kann, weil wenigstens die Lichtstralen selbst diesen Raum ganz ausfüllen würden. Man muß also zwey Sachen zugeben, erstlich, daß die Räume zwischen den himmlischen Körpern mit einer feinen Materie erfüllt sind; zum andern, daß die Stralen nicht, wie Newton angenommen hat, ein würklicher Ausfluß aus der Sonne oder andern leuchtenden Körpern sind, durch die ein Theil ihrer Substanz aus ihnen fortgestoßen wird. Diese feine Materie, die den ganzen Himmelsraum zwischen den himmlischen Körpern einnimmt, ist der Aether, dessen äußerste Feinheit nicht in Zweifel gezogen werden kann. Um uns davon eine Idee zu machen, dürfen wir nur die Luft betrachten, die, da sie schon hier unten eine sehr feine Materie ist, es doch noch immer mehr und mehr wird, ie höher man steigt; und sich endlich, so zu sagen, ganz verliert, oder sich vielmehr mit dem Aether vermischt. Der Aether ist also auch eine flüßige Materie wie die Luft, aber unendlich viel feiner und dünner; weil wir wissen, daß die himmlischen Körper sich in demselben frey bewegen, ohne einen Widerstand zu finden. Ohne Zweifel hat er auch eine Elasticität, durch die er sich bemüht, sich nach allen Seiten auszubreiten, und in die Räume zu dringen, die leer seyn könnten; auf die Art, daß wenn der Aether durch einen Zufall von einem Orte vertrieben wäre, der Ather aus den umliegenden Gegenden sich den Augenblick dahin stürzen, und den Ort von neuem erfüllen würde. Kraft dieser Elasticität ist der Aether nicht bloß oben über unsrer Atmosphä-

mosphäre, sondern er durchdringt sie auch allenthalben; und schleicht sich auch in die Poros aller Körper ein, so daß er durch diese Poros frey hindurch geht. So z. E. wenn man durch die Luftpumpe die Luft aus einem Gefäße weggenommen hat, so darf man nicht glauben, daß alsdann ein leerer Raum darinne sey. Der Aether ist es, der, indem er durch die Poros des Gefäßes hindurch geht, es in einem Augenblicke anfüllt; und wenn man eine ziemlich lange Glasröhre mit Quecksilber füllt, und sie umkehrt, um ein Barometer daraus zu machen; so glaubt man, oben über dem Quecksilber sähe man einen leeren Raum, weil keine Luft durch das Glas durchdringen kann; aber dieser bloß scheinbare leere Raum ist gewiß mit Aether erfüllt, der ohne Schwürigkeit hinein kommt. Durch diese Feinheit und Elasticität des Aethers werde ich einmal die Ehre haben, Ew. H. alle die erstaunenden Erscheinungen der Electricität zu erklären. Es ist sogar wahrscheinlich, daß der Aether noch weit elastischer sey als die Luft, und daß eine Menge Wirkungen in der Natur durch diese Kraft hervorgebracht werden. Ich zweifle selbst nicht, daß die zusammendrückung der Luft im Schießpulver ein Werk von der Gewalt der Elasticität des Aethers sey; und weil wir aus der Erfahrung wissen, daß die Luft darinn beynah 1000 mal dichter ist als gewöhnlich, und daß in diesem Zustande ihre Elasticität eben so vielmal größer ist, so müßte die Elasticität des Aethers eben so groß, und also 1000 mal größer seyn, als die gewöhnliche der Luft ist. Wir werden uns also einen richtigen Begriff vom Aether machen, wenn wir ihn als eine der Luft ähnliche flüßige Materie ansehen, nur mit dem Unterschiede, daß der Aether ohne Vergleich feiner, und also auch weit elastischer ist als die Luft.

Da wir also im Vorhergehenden gesehen haben, daß die Luft eben durch diese Eigenschaften geschickt wird, die

Bewe-

Bewegungen oder die Schwingungen der schallenden Körper anzunehmen, und sie nach allen Seiten zu verbreiten, wodurch eben die Fortpflanzung des Schalls geschieht: so ist es sehr begreiflich, daß der Aether unter ähnlichen Umständen auch solche Erschütterungen annehmen, und sie nach allen Gegenden auf die größten Weiten fortsetzen könne. Wenn uns nun die Erschütterungen der Luft den Schall verschaffen, was werden wohl die Erschütterungen des Aethers hervorbringen? Ich glaube, Ew. H. werden es leicht errathen, daß es das Licht oder die Lichtstralen seyn. Es scheint demnach sehr gewiß, daß das Licht in Ansehung des Aethers eben das ist, was der Schall in Ansehung der Luft; und daß die Lichtstralen nichts anders sind, als die durch den Aether fortgepflanzten Schwingungen oder Erschütterungen; gerade so, wie der Schall in den Erschütterungen oder Schwingungen besteht, die durch die Luft fortgepflanzt werden. Es kommt also eigentlich nichts von der Sonne zu uns, so wenig als von einer Glocke zu uns kommt, wenn wir ihren Schall hören. Nach diesem Lehrgebäude ist gar keine Gefahr, daß die Sonne, indem sie leuchtet, das geringste von ihrer Substanz verliere; so wenig als eine Glocke von der ihrigen verliert, wenn sie schallt. Was ich von der Sonne gesagt habe, muß man von allen leuchtenden Körpern, wie z. E. der Flamme einer Wachskerze, eines Lichts ꝛc. verstehen. Ew. H. werden mir vielleicht einwenden, daß diese Lichter auf der Erde sich nur allzu augenscheinlich verzehren, und daß, wenn sie nicht ohne Unterlaß ernährt und unterhalten werden, ihr Licht bald auslöscht; woraus es also scheinbar wird, daß die Sonne sich auf eine ähnliche Art verzehren müsse, und daß das Beyspiel einer Glocke sehr übel angebracht sey. Aber man muß bedenken, daß diese Feuer, außerdem daß sie leuchten, noch Rauch und eine Menge von Ausdünstungen auswerfen, die man von den Stralen,

welche

welche leuchten, sehr wohl unterscheiden muß. Nun verursachen der Rauch und die Ausdünstungen ohne Zweifel einen sehr beträchtlichen Verlust, den man nicht den Lichtstralen zuschreiben kann; und wenn sie sich von dem Rauche und den übrigen Ausdünstungen frey machen ließen; so würde die bloße Eigenschaft des Leuchtens keinen Abgang verursachen. Man kann das Quecksilber durch einen gewissen Kunstgriff leuchtend machen, wie Ew. H. sich erinnern werden, gesehen zu haben, und durch dieses Licht verliert das Quecksilber schlechterdings nichts von seiner Substanz; woraus man sieht, daß das bloße Licht keinen Abgang in den leuchtenden Körpern verursacht. Also ob gleich die Sonne die ganze Welt mit ihren Stralen erleuchtet, so verliert sie doch nichts von ihrer eignen Substanz; indem ihr ganzes Licht durch eine gewisse Bewegung und eine äußerst lebhafte und schnelle Erschütterung in ihren kleinsten Theilen hervorgebracht wird, die sich dem benachbarten Aether mittheilt, und von da nach allen Seiten bis auf die größten Entfernungen fortgepflanzet wird, eben so, wie eine in Bewegung gesetzte Glocke, der Luft eine ähnliche Erschütterung mittheilt. Je mehr man diese Gleichförmigkeit zwischen den leuchtenden und schallenden Körpern betrachtet; desto mehr findet man sie mit den Erfahrungen übereinstimmend, da im Gegentheil das System von dem Ausfließen der Lichtstralen um desto widersprechender ist, je mehr man es auf die Erscheinungen in der wirklichen Welt anwenden will.

Den 14 Jun. 1760.

Zwanzig-

Zwanzigster Brief.

Was die Fortpflanzung des Lichts durch den Aether betrifft, so geschieht sie auf eine ähnliche Art mit der Fortpflanzung des Schalls durch die Luft: und so wie eine in den Theilen der Luft hervorgebrachte Erschütterung den Schall wirkt, so macht eine Erschütterung in den kleinsten Theilen des Aethers das Licht oder die Lichtstralen aus. Es ist demnach das Licht nichts anders als eine Bewegung oder Erschütterung in den kleinsten Theilen des Aethers; und dieser befindet sich allenthalben, seiner äußersten Feinheit wegen, vermöge welcher er alle Körper durchdringt. Unterdessen werden die Lichtstralen von diesen Körpern auf mannichfaltige Art modificirt, nachdem diese die Erschütterung entweder aufhalten oder weiter fortpflanzen. Davon werde ich in der Folge weitläuftiger handeln; jetzo schränke ich mich bloß auf die Fortpflanzung des Lichts in dem Aether ein, der alle die unermeßlichen Räume zwischen der Sonne und uns, und überhaupt zwischen allen himmlischen Körpern, ausfüllt. Das erste, was uns hierbey vorkommt, ist die erstaunliche Geschwindigkeit der Lichtstralen, die ohngefähr 900,000 mal schneller ist als die Geschwindigkeit des Schalls, unerachtet dieser jede Secunde einen Weg von 1000 Füßen durchläuft. Schon diese erschreckliche Geschwindigkeit wäre hinlänglich, das System der Emanatiou über den Haufen zu werfen. In unserm System aber ist sie eine nothwendige Folge uusrer Grundsätze; und davon werden Ew. H. vollkommen überzeugt werden. Diese Grundsätze sind die nämlichen mit denen, worauf die Fortpflanzung des Schalls durch die Luft beruht. Es hieng diese Fortpflanzung theils von der Dichtigkeit der Luft, theils von ihrer Elasticität ab. Daraus folgt, wenn die Dichtigkeit der Luft kleiner wäre, so würde die Geschwindigkeit des Schalls ver-

 größert,

größert; und wenn die Elasticität der Luft größer würde, so würde die Bewegung des Schalls ebenfalls beschleunigt werden. Würde also die Dichtigkeit der Luft zu eben der Zeit kleiner, indem ihre Elasticität größer wird: so wäre ein doppelter Grund da, die Geschwindigkeit des Schalls zu vermehren. Wir wollen uns vorstellen, die Dichtigkeit der Luft würde so sehr verringert, und ihre Elasticität so sehr vermehrt, daß sie der Dichtigkeit und der Elasticität des Aethers gleich wäre: so würden wir uns alsdann nicht mehr wundern, daß die Geschwindigkeit des Schalls mehrere tausendmal größer würde, als sie jetzt ist. Denn Ew. H. werden sich erinnern, daß nach den ersten Begriffen, die wir uns vom Aether gemacht haben, diese Materie ohne Vergleich dünner, und auch ohne Vergleich elastischer seyn muß, als die Luft; und diese Eigenschaften helfen beyde dazu, die Geschwindigkeit in der Fortpflanzung der Bewegungen zu vergrößern. Nun wird also die erstaunliche Geschwindigkeit des Lichts so wenig unwahrscheinliches haben, daß sie vielmehr vollkommen mit unsern Grundsätzen übereinstimmen wird; und die Aehnlichkeit zwischen dem Lichte und dem Schalle ist so ausgemacht, daß wir sicher behaupten können, wenn die Luft eben so fein und zu gleicher Zeit eben so elastisch würde als der Aether, so würde die Geschwindigkeit des Schalls eben so schnell seyn, als die Geschwindigkeit des Lichts. Wenn man demnach fragt, warum das Licht sich mit einer so ungeheuren Geschwindigkeit bewegt, so antworten wir, daß die Ursache in der äußersten Feinheit des Aethers, zusammen genommen mit seiner erstaunlichen Elasticität, liege; und daß, so lange der Aether denselben Grad von Feinheit und Elasticität behält, auch das Licht nothwendig sich mit demselben Grade von Geschwindigkeit fortbewegen müsse. Nun kann man nicht zweifeln, daß der Aether durch den ganzen Raum des Weltgebäudes einerley Grad von Feinheit und Elasticität

tät habe; denn wäre der Aether an dem einen Orte elastischer als am andern, so würde er sich, indem er sich mehr und mehr ausdehnte, nach diesem Orte hinziehen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt wäre. Also müssen sich auch die Stralen der Sterne eben so geschwind bewegen, wie die Stralen der Sonne; aber weil die Sterne viel weiter von uns entfernt sind als die Sonne, so brauchen auch ihre Stralen um so viel mehr Zeit, bis sie zu uns kommen. So ungeheuer uns auch die Weite der Sonne scheinen mag, deren Stralen in acht Minuten zu uns kommen: so ist doch der Fixstern, der uns am nächsten ist, 400,000 mal weiter entfernt als die Sonne. Ein Lichtstrahl demnach, der von diesem Sterne ausgeht, braucht 400,000 mal 8 Minuten, ehe er bis zu uns kommt; diese Zeit beträgt 53,333 Stunden, oder 2222 Tage, oder ungefähr 6 Jahre. Wenn Sie also des Nachts einen Fixstern, und selbst den allerglänzendsten, sehen, der wahrscheinlicher Weise auch der nächste ist: so sind die Stralen, die in die Augen Ew. H. fallen, um den Stern darinnen abzubilden, schon vor 6 Jahren von dem Sterne ausgegangen. So lange Zeit haben sie gebraucht, bis zu uns zu kommen. Und wenn Gott jetzo einen neuen Fixstern in eben der Entfernung erschaffen wollte, so würden wir ihn nicht eher als nach 6 Jahren sehen, weil seine Stralen nicht eher bis zu uns kommen könnten. Und wären im Anfange der Welt die Sterne ohngefähr zu gleicher Zeit mit dem Adam erschaffen worden, so hätte er sie nicht eher als nach sechs Jahren sehen können; selbst die nicht, die die nächsten sind; denn bey den entferntern hätte er desto längere Zeit warten müssen, ehe er sie gesehen hätte. Wenn also Gott noch tausendmal entferntere Sterne erschaffen hätte, so würden wir sie noch nicht sehen, so glänzend sie auch seyn möchten, weil noch nicht 6000 Jahr seit der Schöpfung verflossen sind. Jerusalem hat

diesen Gedanken in einer seiner Predigten vortrefflich genützt. Hier ist die Stelle: „Steiget mit euren Ge„danken von dieser Erde durch alle die Weltkörper, die „über euch sind, und gehet von den entferntesten, die „eure Augen entdecken können, bis zu denenjenigen hin„auf, deren Licht villeicht von dem Anfange ihrer Schö„pfung an noch bis jetzt nicht zu uns herunter gekom„men ist! Die Unermeßlichkeit des göttlichen Reichs „leidet diese Vorstellung.“

Ich bin sehr überzeugt, daß durch diese Stelle Ew. H. weit mehr werden erbauet werden, als die ganze Gemeinde des Herrn Jerusalems, die diese erhabne Vorstellung wahrscheinlich nicht wird eingesehen haben. Und diese Betrachtung, hoffe ich, wird bey Ew. H. die Begierde erwecken, das übrige zu wissen, was noch von dem richtigen System des Lichts, aus dem zugleich die Theorie der Farben und des Sehens überhaupt entsteht, zu sagen ist.

den 17 Jun. 1760.

Ein und zwanzigster Brief

Das, was ich von der Zeit, die die Stralen der Sterne brauchen, bis zu uns zu kommen, Ew. H. gesagt habe, ist in der That sehr fähig, uns von der Größe und dem Umfange der Welt einen Begriff zu machen. Die Geschwindigkeit des Schalls, der 1000 Füße in einer Secunde durchläuft, verschafft uns beynahe das erste Maaß; und diese Geschwindigkeit ist 200mal größer als die Geschwindigkeit eines Menschen, der ziewlich hurtig geht. Nun ist die Geschwindigkeit der Lichtstralen 900,000mal größer als des Schalls seine; oder seine Stralen durchlaufen jede Secunde einen Weg von 900 Millionen Füßen, oder 37,500 deutsche Meilen. Welche ungeheure Geschwindigkeit! Und doch ist von

den Fixsternen der nächste so weit von uns entfernt, daß seine Strahlen, dieser ungeheuren Geschwindigkeit unerachtet, sechs Jahre brauchen, ehe sie zu uns kommen; und wäre es möglich, daß ein großer Schall, wie der von einem Kanonenschuß, der in diesem Sterne entstünde, bis zu uns könnte fortgepflanzet werden, so müßten 5,400,000 Jahre verlaufen, ehe wir diesen Schall gewahr würden. Dieß ist nur bloß von den glänzendsten Sternen, die wahrscheinlicher Weise auch die nächsten sind, zu verstehen; und es ist sehr glaublich, daß die kleinsten Sterne zehn und mehrmal weiter von uns entfernt sind. Es wird also gewiß ein ganzes Jahrhundert nöthig seyn, ehe die Strahlen dieser Sterne bis zu uns kommen. Welche ungeheure Entfernung, die erst in hundert Jahren, von einer Geschwindigkeit, die jede Secunde 37,500 deutsche Meilen durchläuft, zurück gelegt werden kann! Wenn also jetzo ein solcher Stern vernichtet oder bloß verfinstert würde, so würden wir ihn dem unerachtet noch 100 Jahre lang sehen, weil die letzten Strahlen, die von dem Sterne ausgegangen wären, erst am Ende dieser Zeit bis zu uns gekommen seyn würden. Man macht sich gewöhnlicher Weise zu kleine und zu eingeschränkte Begriffe von der Welt, und die, welche sich für starke Geister halten, sehen diese Welt als ein Werk von geringer Bedeutung an, das ein bloßer Zufall hätte hervor bringen können, und das kaum ihrer Aufmerksamkeit werth wäre. Aber nun werden Ew. H. einräumen, daß eben diese sich so stark dünkenden Geister sehr eingeschränkte Köpfe sind; und Ew. H. selbst werden von der tiefsten Ehrfurcht gegen den großen Herrn durchdrungen seyn, dessen Macht sich auf einen so unermeßlichen Raum erstreckt, wo alles, was sich darinnen befindet, seiner unumschränkten Gewalt unterworfen ist. Aber was muß alsdann unsre Bewunderung seyn, wenn wir bedenken, daß alle diese unermeßliche Körper, die

sich in der Welt finden, nach der größten Weisheit geordnet sind; so das, je weiter wir in der Erkenntniß des Weltbaues kommen, wir desto mehr Ursache finden, die Ordnung und Vollkommenheit desselben zu bewundern? Und was ist unsere Erdkugel gegen alle diese Werke, wo sich unser Verstand in Erstaunen verlieret? Ein bloßes Nichts. Gleichwohl erfahren wir täglich die augenscheinlichen Proben einer besondern Vorsehung des großen Herrn der Welt. Aber mir fehlt die Beredsamkeit, diese Sache in aller ihrer Größe vorzustellen: und Ew. H. werden das selbst durch die Betrachtungen ersetzen, die Sie über diese wichtige Gegenstände anstellen werden. Ich kehre zu diesen großen leuchtenden Körpern, und insbesondere zur Sonne zurück, die die vornehmste Quelle des Lichts und der Wärme ist, die wir hier auf der Erde genießen. Gleich anfangs fragt man, worinnen das Licht bestehe, das die Sonne beständig durch die ganze Welt verbreitet, ohne den geringsten Abgang zu leiden. Die Antwort kann nun, nach dem System des Lichts, das ich eben festgesetzt habe, nicht mehr schwer seyn, da sie hingegen in dem System der Emanation schlechterdings unmöglich ist. Die ganze Welt ist mit dieser äußerst feinen und elastischen Materie angefüllt, die man den Aether nennt. Nun muß man sich in allen Theilen der Sonne eine beständige Bewegung vorstellen, durch die jedes Theilchen sich in einer immerwährenden Erschütterung und Schwingung befindet. Diese theilt sich dem angrenzenden Aether mit, und erregt darinnen ein ähnliches Zittern, daß hernach immer weiter und weiter nach allen Gegenden mit der Geschwindigkeit fortgepflanzet wird, von der ich so weitläuftig geredet habe. Also um bey der Vergleichung zwischen Licht und Schall zu bleiben, so würde die Sonne einer Glocke ähnlich seyn, die ohne Aufhören schlüge; es müssen nemlich die kleinen Theile der Sonne

beständ-

beständig in derjenigen Bewegung erhalten werden, die im Aether das hervorbringt, was wir Lichtstralen nennen. Nun ist uns noch die Schwürigkeit zu erklären übrig, durch was für eine Kraft diese beständige Bewegung in den kleinsten Theilen der Sonne unterhalten wird, da wir doch wissen, daß ein angezündetes Licht nicht lange brennt, und bald auslöschet, wenn es nicht immer durch brennbare Materien unterhalten wird. Aber man kann zuerst bemerken, da die Sonne eine viel tausendmal größere Masse ist als die ganze Erde: daß, wenn sie einmal recht erhitzt ist, die Flammen viel hundert Jahr dauren können, ohne abzunehmen. Außerdem ist bey der Sonne nicht einmal der Fall, der bey unsrer Art von Feuer oder von Lichtern ist; bey diesen geht ein guter Theil ihrer Substanz durch den Rauch und die Ausdünstung weg, welches einen sehr beträchtlichen Verlust ausmacht. Bey der Sonne hingegen, gesetzt auch, es sondere sich etwas von ihr in Gestalt des Rauches ab, so entfernen sich diese Theilchen doch nicht sehr weit, und kehren sehr bald wieder in die Masse der Sonne zurück; es geht also nichts wirklich verloren, was eine Abnahme in der Substanz der Sonne veranlassen könnte. Die einzige Sache, die wir in diesem Punkt noch nicht wissen, ist die Kraft, die alle Theilchen der Sonne beständig in dieser zitternden Bewegung erhält: aber es hat doch wenigstens nichts, was der gesunden Vernunft widerspräche; und da wir in so viel andern Dingen unsere Unwissenheit gestehen müssen, die uns weit näher sind als die Sonne; so können wir schon damit zufrieden seyn, wenn unsere Begriffe nur nichts Ungereimtes enthalten.

den 21 Jun. 1760.

Zwey und zwanzigster Brief.

Wenn die Sonne ein leuchtender Körper ist, dessen Strahlen sich rings herum und nach allen Seiten verbreiten: so werden Ew. H. nicht mehr zweifelhaft über die Ursache dieser wunderbaren Erscheinung seyn, die in der Erschütterung oder der Schwingung besteht, von der alle Theile der Sonne bewegt werden. Die Vergleichung mit einer Glocke kann uns diese Sache sehr gut erläutern. Aber das ist sehr natürlich, daß die Schwingungen, die das Licht hervorbringen, weit lebhafter und schneller seyn müssen als die, aus denen der Schall entsteht; weil der Aether ohne Vergleich feiner ist als die Luft. Da eine schwache Bewegung nicht im Stande ist, die Luft so weit zu erschüttern, um einen Ton hervor zu bringen; so sind auf gleiche Art die Bewegungen einer Glocke und der übrigen schallenden Körper für den Aether zu schwach, die Erschütterung zu bewirken, die das Licht ausmacht. Ew. H. werden sich erinnern, daß, um einen empfindbaren Schall zu erregen, in einer Secunde mehr als 30 und weniger als 3000 Schwingungen geschehen müssen; weil die Luft zu fein ist, als daß 30 Schwingungen eine merkliche Veränderung in ihr hervorbringen sollten; aber auf der andern Seite zu grob, um 3000 Schwingungen zu bekommen. Ein so hoher Ton würde sich endlich ganz verlieren. Nun ist es mit dem Aether eben so; und 3000 Schwingungen in einer Secunde sind für den Aether viel zu grob und zu langsam. Es gehören weit öftere Schwingungen und viele tausende in eiuer Secunde dazu, wenn sie im Stande seyn sollen auf den Aether zu wirken, und eine Erschütterung in ihm hervor zu bringen. Eine so schnelle Bewegung kann nur in den kleinsten Theilen der Körper Statt finden, die ihrer Kleinheit wegen unsern Sinnen entgehen. Das Sonnenlicht

licht wird also durch eine äußerst schnelle und lebhafte Bewegung in den kleinsten Theilen der Sonne hervor gebracht, deren jeder sich viel tausendmal jede Secunde erschüttern muß. Eine ähnliche Bewegung ist auch die Ursache des Lichts, das die Fixsterne, und auch dessen, das bey uns auf der Erde alle brennende Sachen von sich werfen, wie z. E. die Lichter, die Wachskerzen, die Fackeln 2c. die uns in der Nacht die Stelle der Sonne ersetzen. Wenn Ew. H. die Flamme eines Wachsstocks ansehen, so werden Sie leicht gewahr werden, daß eine erstaunliche Bewegung in den kleinsten Theilen herrsche; und ich glaube nicht, daß von der Seite mein System einen Widerspruch finden werde, da hingegen das Newtonische System eine ganz ungeheure Kraft der Bewegung erforderte, um die kleinsten Theile mit einer Geschwindigkeit fort zu stoßen, die 37,500 deutsche Meilen in einer Secunde durchliefe. Hier ist also eine Erklärung der von sich selbst lichten oder vielmehr leuchtenden Körper. Denn es giebt Körper, die lichte sind, ohne selbst zu leuchten, wie der Mond und die Planeten, die unserer Erde ähnliche Körper sind. In der That sehen wir den Mond nur, wenn und in so fern er von der Sonne erleuchtet wird; und das ist auch der Fall mit allen Körpern auf der Erde, wenn man das Feuer und die Flamme ausnimmt, die von sich selbst leuchten. Die übrigen Körper, die man dunkle nennt, werden uns nur dadurch sichtbar, daß sie von irgend einem andern Lichte erleuchtet sind. In einer sehr dunkeln Nacht, oder in einem allenthalben so fest verschlossenen Zimmer, daß kein Licht hinein kann, mag man die Augen immerhin auf die Gegenstände richten, die sich in dieser Finsterniß befinden, man wird deswegen doch nichts sehen. Aber sobald man ein angezündetes Wachslicht hinzubringt, so sieht man nicht bloß das Wachslicht, sondern auch die andern Körper, die zuvor unsichtbar waren. Hier liegt also ein wesentlicher Un-

 terschied

terschied zwischen den leuchtenden Körpern und denen, die man dunkel nennt. (Eben dieses Wort dunkel hatte ich oben gebraucht, das Undurchsichtige gewisser Körper auszudrücken; aber die Sache läuft beynahe auf eins hinaus, und man muß sich nach dem Sprachgebrauch richten, wenn er auch schon einige Zweydeutigkeit hätte.) Die leuchtenden Körper sind uns durch ihr eigen Licht sichtbar, und haben kein fremdes Licht nöthig, um gesehen zu werden. Man sieht sie noch eben so gut, wenn man sie auch in die dickste Finsterniß bringt. Die Körper aber, die ich hier dunkle nenne, können uns nur durch ein Licht, das ihnen nicht zugehört, sichtbar werden. Man sieht nichts von ihnen, wenn man sie ins Finstere stellet. Aber sobald sie leuchtenden Körpern ausgesetzt sind, deren Stralen sie treffen können, so sehen wir sie; und sie verschwinden, sobald man dieses fremde Licht wegnimmt. Es ist nicht nöthig, daß die Stralen eines leuchtenden Körpers sie unmittelbar treffen; ein anderer dunkler Körper, wenn er gut erleuchtet ist, bringt eben die Wirkung hervor, nur weit schwächer. Davon giebt uns der Mond ein Beyspiel. Wir wissen, daß der Mond ein dunkler Körper ist, aber wenn er von der Sonne erleuchtet wird, und wir ihn bey Nacht sehen, so erleuchtet er alle dunkle Körper auf der Erde, und macht die sichtbar, die ohne ihn würden unsichtbar geblieben seyn. Wenn ich des Tages in meinem Zimmer bin, das gegen Mitternacht liegt, wo die Stralen der Sonne nicht hinein kommen können, so ist es dem unerachtet darinnen helle, und ich kann jedes Ding unterscheiden. Was kann wohl von dieser Helle die Ursache seyn? Ganz gewiß diese, daß von der Sonne erst der ganze Himmel erleuchtet ist, welches wir das Blaue des Himmels nennen, hernach die Mauern der gegenüberstehenden Häuser; alle andere Gegenstände sind es auch entweder unmittelbar durch die Sonne, oder mittelbar durch andere erleuch-

tete an sich dunkle Körper. Von allen diesen dunklen aber erleuchteten Körpern nun, kommt so viel Licht in meine Stube, daß es dieselbe helle macht; und das um desto mehr, weil die Fenster hoch, breit und gut angebracht sind. Die Fensterscheiben schaden dabey fast nichts; denn das Glas ist, wie ich schon angemerkt habe, ein durchsichtiger Körper, der dem Lichte den freyen Durchgang erlaubt. Mache ich aber meine Fensterladen so fest zu, daß kein Licht von außen in meine Stube kommen kann: so bin ich darinnen im Finstern, und ohne ein angezündetes Licht sehe ich nichts mehr. Wir haben also hier zugleich einen sehe wesendlichen Unterschied und eine sehr merkwürdige Aehnlichkeit zwischen den dunkeln und leuchtenden Körpern. Die letztere besteht darinn, daß die dunklen Körper, wenn sie einmal erleuchtet sind, eben so gut andere dunkle Körper erleuchten, und in dieser Absicht beynahe eben die Wirkung thun, wie die leuchtenden Körper. Die Erklärung dieses Phänomens hat bisher allen Philosophen sehr viel zu schaffen gemacht; aber ich schmeichle mir, Ew. H. eine vorlegen zu können, die deutlich und gnugthuend ist.

den 24 Jun. 1760.

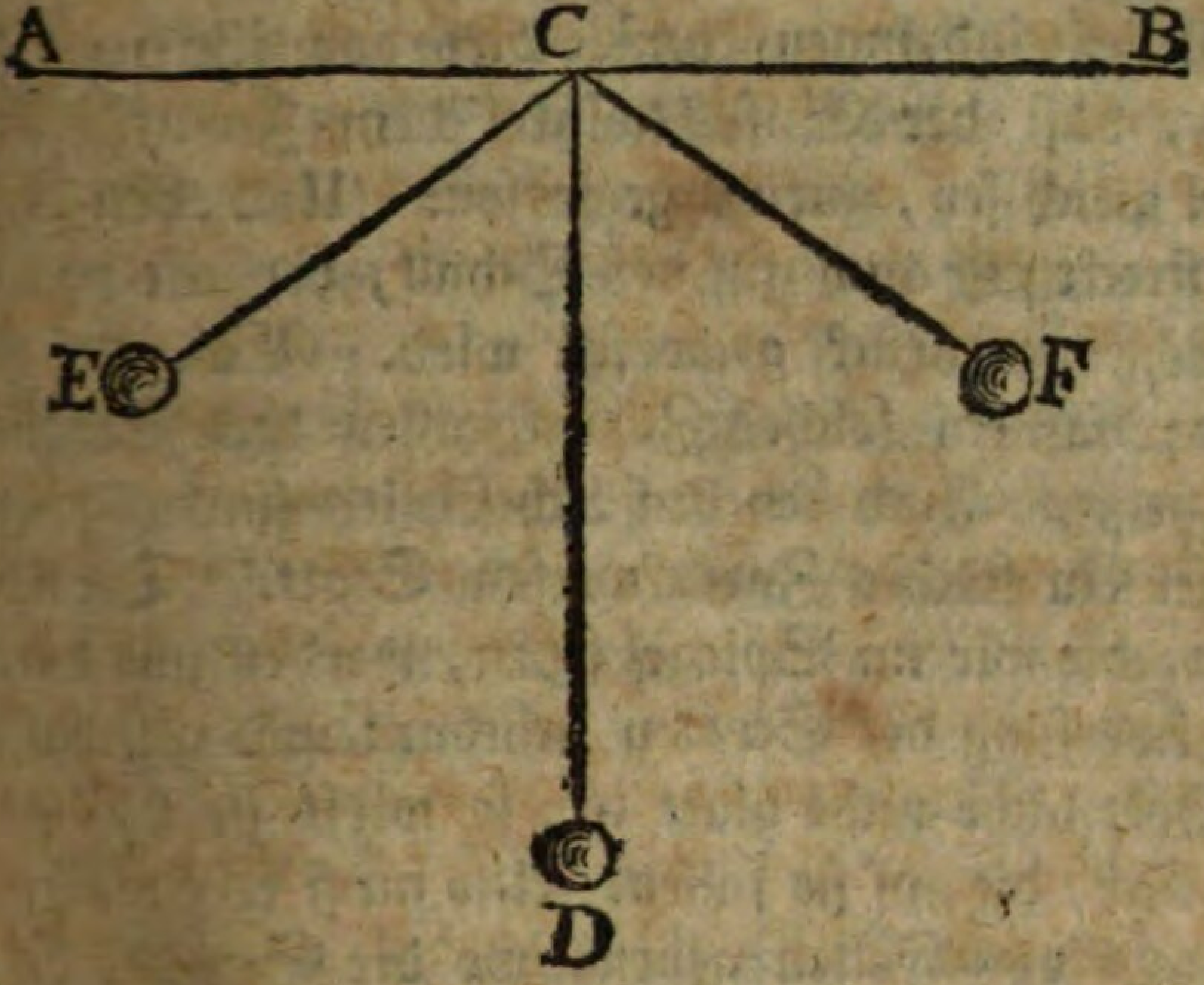
Drey und zwanzigster Brief.

Ehe ich die Erklarung der Erscheinung auf mich nehme, wie die dunklen Körper, wenn sie erleuchtet sind, uns sichtbar werden, so muß ich erst überhaupt bemerken, daß wir alles bloß vermittelst der Stralen sehen, die von den Sachen in unsre Augen kommen. Wenn wir irgend einen Gegenstand sehen, so laufen von jedem Punkt des Gegenstandes Stralen aus, die, indem sie in unser Auge fallen, gleichsam ein Bild dieses Gegenstandes darinn abmalen. Das ist nicht eine bloße Vermuthung; man kann es durch die Erfahrung selbst erweisen.

sen. Man nimmt das Auge von einem Ochsen oder von irgend einem andern erst kürzlich geschlachteten Thiere; und wenn man die hinterste Wand des Auges entblößt hat, so siehet man alle Gegenstände darauf abgemalt, die sich vor dem Auge befinden. So oft also als wir einen Gegenstand sehen, so wird ein Bild davon auf der hintersten Wand des Auges abgemalt; und dieses Bild ist das Werk der Stralen, die von dem Gegenstande auslaufen und in unsere Augen fallen. Ich werde in der Folge die Ehre haben, Ew. H. eine umständlichere Erklärung vom Sehen und der Art und Weise, wie sich die Gegenstände auf dem Boden des Auges abmalen, zu geben; jetzo ist mir diese allgemeine Bemerkung genug. Weil wir demnach die dunklen Körper nur alsdann sehen, wenn sie erleuchtet sind, so muß es Stralen geben, die von allen Punkten dieser Körper auslaufen: aber diese Strahlen müssen nur so lange vorhanden seyn, als die Körper erleuchtet sind. Sobald sie sich im Finstern befinden, so verschwinden diese Stralen. Also müssen diese Stralen den dunklen Körpern nicht eigen seyn, sondern ihr Ursprung muß in der Erleuchtung gesucht werden. Nun ist die große Frage die: Woher kommt es, daß die bloße Erleuchtung im Stande ist, auf diesen dunkeln Körpern Stralen hervor zu bringen, oder sie beynahe in eben den Zustand zu versetzen, in dem die leuchtenden Körper sind, die durch eine zitternde Bewegung ihrer kleinsten Theile Stralen hervor bringen? Der große Newton, so wie die übrigen Philosophen, die diese Materie untersucht haben, setzen die Ursache in die Zurückwerfung der Stralen. Es ist demnach von der äusersten Wichtigkeit, daß Ew. H. sich von dem, was man die Reflexion der Stralen nennt, einen richtigen Begrif machen. Zuerst, wenn ein Körper an den andern stößt und er von diesem wieder zurück getrieben wird: so heißt das überhaupt das Zurückprallen (Reflexion), wovon

man

man alle Fälle im Billard sehen kann. Wenn man die Kugel gegen die Bande oder den Rand des Billards spielt, so prallt sie von demselben zurück; und diese Veränderung nennt man die Reflexion. Es sey A B



die Bande des Billards: so ist der erste Fall der, wenn man die Kugel D perpendikular gegen die Bande in der Richtung D C spielt, so, dos D C auf die Bande A B lothrecht trift, und also die Winkel A C D, B C D recht sind; in diesem Fall wird die Kugel in eben derselben Linie C D wieder zurück getrieben werden. Der andere Fall ist, wenn die Kugel schief gegen die Bande gespielt wird, wie wenn man die Kugel E in der Linie E C spielte, die mit A C den spitzigen Winkel A C E macht, der der Einfallswinkel heißt. Alsdann wird die Kugel von der Bande in der Linie C F zurück getrieben werden, dergestalt, daß diese Linie mit der andern Seite der Bande B C einen Winkel B C F macht, der genau so groß ist als der Einfallswinkel A C E. Man nennt diesen Winkel, unter welchem die Kugel zurückprallt, den Reflexionswinkel. Und man zieht daraus diese allgemeine Regel:

gel: daß bey allen Zurückprallungen der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich sey. Dieses Gesetz wird allemal beobachtet, so oft ein Körper in seiner Bewegung Hindernisse findet. Eine Kanonenkugel, die gegen eine so starke Mauer abgeschossen wird, daß sie nicht in dieselbe eindringen kann, wird von ihr nach diesem Gesetz, daß der Einfallswinkel dem Zurückprallungswinkel gleich sey, zurück geworfen. Und eben diese Regel erstreckt sich auch auf den Schall, der oft von gewissen Körpern zurück geworfen wird. Ew. H. werden wissen, daß ein solches Zurückprallen des Schalls das Echo heißt. Auch bey den Lichtstralen findet ganz ohne Zweifel ein solches Zurückwerfen Statt. Die Gegenstände, die wir im Spiegel sehen, werden uns durch die Zurückwerfung der Stralen sichtbar: und allemal wenn eine Oberfläche recht glatt ist, so wirft sie die Lichtstralen zurück, die auf sie fallen. Also muß es eine sehr grosse Anzahl von Fällen geben, wo die Stralen, die auf gewisse Körper fallen, zurück geworfen werden. Dadurch sind die Philosophen veranlasset worden, zu behaupten, daß wir die dunkeln Körper auch durch zurück geworfene Stralen sähen. Ich sehe jetzo die meinen Fenstern gegenüber stehenden Häuser, die von der Sonne erleuchtet sind. Nach der Meynung dieser Philosophen also werden die Sonnenstralen, die auf die Oberfläche dieser Häuser fallen, von ihr zurück geworfen; sie kommen in mein Zimmer und machen mir diese Häuser sichtbar. Auf eben die Art sehen wir, diesen Philosophen zu folge, den Mond und die Planeten, die unstreitig dunkle Körper sind. Die Sonnenstralen, die auf diese Körper fallen, und den Theil erleuchten, der der Sonne zugekehrt ist, werden von ihnen zurück geworfen, und kommen von da zu uns, so als wenn diese Körper selbst leuchtende wären. Nach dieser Meynung sehen wir also den Mond und die Planeten nur vermittelst der Sonnenstra-

unstralen, die von ihnen zurück geworfen werden; und Ew. H. werden oft gehört haben, daß das Mondenlicht das zurück geworfene Licht der Sonne sey. Auf eine gleiche Art, sagt man, werfen die von der Sonne erleuchteten dunkeln Körper die von ihnen abprallende Stralen auf andere Körper; von da werden sie von neuem zurück geworfen, fallen wieder auf andere Körper, leiden hier eine dritte Reflexion und so immer fort. Aber so wahrscheinlich dem ersten Ansehen nach diese Meynung auch ist; so hat sie bey einer genauern Untersuchung so viel Ungereimtes und Widersprechendes, daß sie sich schlechterdings nicht vertheidigen läßt. Und das werde ich die Ehre haben Ew. H. auf eine unumstößliche Art zu erweisen, um Ihnen hernach die wahre Erklärung dieser Erscheinung vorzulegen.

den 28 Jun. 1760.

Vier und zwanzigster Brief.

Ich sage also: es läßt sich schlechterdings nicht behaupten, daß, wenn wir einen dunkeln von der Sonne erleuchteten Körper sehen, die Stralen von demselben zurück geworfen werden, und daß wir eben durch diese zurück geworfne Stralen die Körper sehen. Das Beyspiel eines Spiegels, der unstreitig die Stralen zurück wirft, und den man anführt, um diese Meynung zu erweisen, beweist vielmehr gerade das Gegentheil. Ohne Zweifel wirft der Spiegel die Stralen, die auf ihn fallen, zurück. Aber wenn uns diese zurück geworfene Stralen in unser Auge kommen; was bilden sie darinnen ab? Ew. H. werden mir den Augenblick gestehen, daß nicht der Spiegel, von dem diese Stralen zurück geworfen werden, das sey, was sie abbilden. Sie bilden uns die Gegenstände ab, von denen sie ursprünglich ausgelaufen waren; und die Reflexion thut nichts anders, als daß sie den Ort verän-

verändert, wo wir diese Gegenstände sehen. Wir sehen auch nicht diese Gegenstände auf der Oberfläche des Spiegels, sondern vielmehr im Spiegel drinnen; und man kann sehr wohl sagen, daß der Spiegel selbst uns unsichtbar bleibe. Aber wenn wir einen dunkeln Körper ansehen, den die Sonne erleuchtet: so sehen wir ja nicht die Sonne darinnen, sondern wir sehen wirklich die Oberfläche dieses Körpers selbst mit allen seinen Verschiedenheiten. Man erkennt also daraus einen wesentlichen Unterschied zwischen den Stralen, die von einem Spiegel zurückgeworfen werden, und denen, durch die wir die dunkeln Körper sehen. Aber noch ein andrer eben so handgreiflicher Unterschied findet sich bey den Spiegeln. Denn wenn wir die Gegenstände vor dem Spiegel, oder auch nur ihre Plätze, oder unsre eigne Stellung gegen sie ändern: so verändert sich der Anblick beständig; und die vom Spiegel zurückgeworfene Stralen stellen uns immer andere und andere Bilder vor, die sich nach der Beschaffenheit und Lage der Gegenstände, und nach dem Orte wo wir stehen, richten. Und wie ich schon angemerkt habe, diese Stralen geben uns niemals das Bild des Spiegels selbst. Nun aber, wenn ein dunkler Körper von der Sonne, oder andern leuchtenden Körpern, oder schon erleuchteten dunkeln Körpern erleuchtet wird, so mag dieser Körper seine Stelle ändern wie er will, der Anblick desselben ist immer derselbe. Wir sehen immer einerley Gegenstand, und wir werden nicht die geringste Veränderung gewahr, die sich auf die gedachte Verschiedenheit der Umstände bezöge. Das giebt mir demnach einen neuen Beweis, daß wir die Körper nicht durch Stralen sehen, die von ihren Oberflächen zurückgeworfen worden. Ich sehe hier einen Einwurf zum voraus, den man von dem Halse der Tauben und gewissen Arten von Zeugen hernehmen wird, die auf eine verschiedene Art erscheinen, nachdem man den Gesichtspunkt ändert.

Aber

Aber das schwächt meinen Schluß in Ansehung der gewöhnlichen dunkeln Körper gar nicht, bey denen diese Abwechselung nicht statt findet. Denn dieser Einwurf beweist weiter nichts, als daß diese besondern Gegenstände gewisse eigenthümliche Beschaffenheiten haben; z. E. diese, daß ihre kleinsten Theilchen sehr glatt und eben sind, und daß also eine wirkliche Zurückwerfung der Stralen bey ihnen vorgeht, außer der gewöhnlichen und allgemeinen Veränderung, durch die alle Körper uns sichtbar werden. Aber eine solche Zurückwerfung, begreift man leicht, muß von der Art und Weise, wie die gewöhnlichen dunkeln Körper erleuchtet sind, sehr wohl unterschieden werden. Endlich stellen uns die von einem Spiegel zurück geworfene Stralen auch alle Farben des Körpers vor, von dem sie ursprünglich ausliefen, und der Spiegel, wo die Reflexion geschieht, ändert darinn nichts. Ein dunkler Körper aber, der durch einen andern Körper erleuchtet wird, mag erleuchtet werden auf was für eine Art er will; er zeigt uns allemal dieselbe Farben; und man kann sagen, daß jeder Körper seine eigene Farbe habe. Dieser Umstand wirft die Meynung aller derer um, die behaupten, daß wir die dunkeln Körper vermittelst der Stralen sehen, die von ihrer Oberfläche zurück geworfen werden. Wenn Ew. H. alle diese Gründe, die ich bisher erklärt habe, zusammen nehmen, so werden Sie nicht mehr anstehen, den Ausspruch zu thun, daß diese Meynung sich auf keine Weise in der Philosophie, oder vielmehr in der Physik, behaupten läßt. Unterdessen darf ich mir doch nicht schmeicheln, daß die Philosophen, die ihren einmal angenommenen Meynungen zu sehr ergeben sind, diesen Gründen Gehör geben werden. Ew. H. werden sich noch dessen erinnern, was Cicero über diese Sache sagt: daß sich nichts so ungereimtes erdenken ließe, was nicht einmal von einem Philosophen wäre behauptet worden. In

der That, so seltsam auch die gemeine Meynung, die ich widerlegt habe, Ew. H. scheinen mag, so ist sie doch bisher mit vieler Hitze behauptet und vertheidiget worden. Das kann man nicht sagen, daß die Ungereimtheiten und Widersprüche, die ich Ew. H. vor Augen gelegt habe, den Anhängern dieser Meynung nicht wären bekannt gewesen. Der große Newton selbst hat ihre Stärke sehr gut gemerkt; aber da er sich von der Fortpflanzung der Stralen den allerseltsamsten Begrif gemacht hatte, so darf man sich nicht wundern, daß er diese so große Ungereimtheiten habe übersehen können. Und überhaupt, schützt nicht immer die Größe des Geistes vor der Ungereimtheit der Meynungen, die man einmal angenommen hat. Aber wenn nun die Meynung, daß die dunkeln Körper durch die zurückgeworfenen Stralen gesehen werden, falsch ist, sagen die Anhänger derselben, was ist denn nun die richtige Erklärung? Es scheint ihnen sogar unmöglich, eine andere Erklärung dieses Phänomens zu erdenken; und außerdem ist es immer für einen Philosophen viel zu schwer und zu demüthigend, über irgend eine Sache seine Unwissenheit zu gestehen. Besser ist es, die größten Ungereimtheiten zu behaupten, besonders wenn man das Geheimniß besitzt, sie in dunkle Kunstwörter einzuhüllen, die niemand verstehet; der gemeine Mann schätzt alsdann den Gelehrten desto höher, weil er sich einbildet, daß dem diese Dunkelheiten sehr helle sind. Wenigstens ist es immer sehr verdächtig, wenn die Gelehrten sich so hoher Kenntnisse rühmen, daß sie sie nicht könnten begreiflich machen. Ich hoffe, die Erscheinung, von der die Rede ist, auf so eine Art zu erklären, daß Ew. H. nicht das geringste darinnen finden werden, das schwer zu begreifen sey.

den 1 Jul. 1760.

Fünf

Fünf und zwanzigster Brief.

Alle Erscheinungen bey den dunkeln Körpern, die ich in meinem vorigen Briefe aus einander gesetzt habe, beweisen unwidersprechlich, daß, wenn wir einen erleuchteten dunkeln Körper sehen, wir ihn nicht durch die von seiner Oberfläche zurück geworfenen Stralen sehen; sondern daß die kleinsten Theile auf seiner Oberfläche sich wirklich in einer Bewegung befinden, die der ähnlich ist, welche die kleinsten Theile der leuchtenden Körper erschüttert; nur mit diesem Unterschiede, daß die Bewegung in den dunkeln Körpern bey weitem nicht so stark ist, als die in den Körpern die von selbst leuchten; indem ein dunkler Körper, so hell erleuchtet er immer seyn mag, niemals im Auge einen so lebhaften Eindruck macht, als die leuchtenden Körper. Da wir die dunkeln Körper selbst, und gar nicht die Bilder der leuchtenden Körper sehen, wie doch geschehen müßte, wenn wir sie bloß durch die Zurückwerfung der Stralen sähen: so müssen also die Stralen, durch die wir sie sehen, ihnen eigen seyn, und ihnen eben so vollkommen zugehören, wie die Stralen der leuchtenden Körper diesen zugehören. Folglich, so lange ein dunkler Körper erleuchtet ist, so lange befinden sich die kleinsten Theile seiner Oberfläche in einer Bewegung, die fähig ist, in dem Aether die Art von Schwingung hervorzubringen, die die Lichtstralen macht, und die in unsern Augen das Bild des Gegenstandes abmalt. Zu diesem Ende müssen von jedem Punkte der Oberfläche Stralen nach allen Gegenden auslaufen: und dieses bestätigt die Erfahrung augenscheinlich. Denn wir mögen einen dunkeln Körper von einer Seite ansehen von welcher wir wollen, so sehen wir ihn aus allen Orten auf gleiche Art; daraus folgt, daß jeder Punkt Stralen nach allen Seiten abschicken müsse. Dieser Umstand unterscheidet diese Stralen wesentlich von den zurück geworfe-

nen Stralen, deren Richtung immer durch die Richtung der einfallenden Stralen bestimmt wird; so daß, wenn die Stralen nur von einer einzigen Gegend, wie z. E. von der Sonne kommen, die zurückgeworfene Stralen auch nur Eine Richtung haben können. Wir sehen also ein, daß, wenn ein dunkler Körper erleuchtet wird, alle kleinsten Theile, die sich auf seiner Oberfläche befinden, in eine gewisse Erschütterung gesetzt werden, so wie wir gesehen haben, daß das bey den leuchtenden Körpern geschieht. Diese Erschütterung ist desto stärker, je heller das Licht ist, welches sie erleuchtet. Eben derselbe Körper also, wenn die Sonne auf ihn scheint, wird in eine weit lebhaftere Bewegung gebracht, als wenn er bloß durch das Tageslicht, oder des Nachts vom Monde oder einem Wachslichte erleuchtet wird. In dem ersten Fall wird sein Bild weit lebhafter auf dem Boden des Auges abgemalt, als in den andern Fällen, und vornemlich als beym Mondenlicht, dessen Erleuchtung kaum zureicht, um sehr grobe Schrift zu lesen; und wenn man einen dunkeln Körper in ein finstres Zimmer bringt, so sieht man nichts mehr von ihm; welches ein sicheres Zeichen ist, daß die Bewegung in seinen Theilen ganz und gar aufgehöret hat, und daß sie sich wieder in Ruhe befinden. Das also macht die Natur der dunkeln Körper aus, daß ihre Theilchen von sich selbst in Ruhe, wenigstens nicht in der Art von Bewegung sind, die dazu gehört, Lichtstralen hervorzubringen; aber daß diese Theile zugleich so eingerichtet sind, daß, wenn von einem andern leuchtenden Körper Stralen auf sie fallen, sie durch diese in die Erschütterung und die schwingende Bewegung gebracht werden können, die zur Hervorbringung der Stralen geschickt ist. Je heller das Licht ist, das diese Körper erleuchtet, um desto größer wird die Erschütterung seyn. So lange also, als der dunkele Körper erleuchtet wird, so lange befindet er sich in eben dem

Zustan-

Zustande, wie die leuchtenden Körper; seine kleinsten Theile werden auf eine ähnliche Art in Bewegung gesetzt, das heißt, so wie es nöthig ist, um im Aether Stralen zu formiren. Nur mit dem Unterschiede, daß bey den leuchtenden Körpern diese Bewegung von selbst fortdauert, oder durch eine gewisse innere Kraft unterhalten wird, bey den dunkeln Körpern aber diese Bewegung nur etwas zufälliges ist, das durch das Licht, welches sie erleuchtet, hervorgebracht, und durch eine fremde Kraft, die nicht in ihnen selbst ist, unterhalten wird. Diese Erklärung thut allen Erscheinungen ein Genüge, und hat keine von den Schwürigkeiten, um deren willen wir die Erklärung des Sehens durch die Zurückstralung verlassen haben. So weit wird jedermann mit uns eins seyn, der die Sache gehörig überlegt. Aber es bleibt doch noch eine sehr große Schwürigkeit übrig. Das muß nämlich noch erklärt werden, wie die bloße Erleuchtung eines dunkeln Körpers im Stande ist, seine kleinsten Theile in eine solche heftige Bewegung zu setzen, die Stralen hervor bringe; und wie diese Bewegung beynah in gleichem Grade fortdauern kann, die Erleuchtung mag noch so verschieden seyn. Könnte man auf diese Frage nicht antworten, so gestehe ich, es würde ein großer Fehler in meiner Theorie seyn, ob sie gleich dadurch noch nicht umgestoßen würde; denn es wäre doch nur etwas Unerklärliches, nichts Widersprechendes. Die Unwissenheit dieser einzigen Sache, nämlich wie die Erleuchtung eine Erschütterung in den kleinsten Theilen der dunkeln Körper hervorbringen könne, würde nur eine Lücke in meiner Theorie seyn; aber diese würde doch noch immer bestehen können, so lange man nicht zeigte, es sey unmöglich, daß die Erleuchtung eine solche Wirkung hervorbringe. Aber auch diesem Mangel werde ich abhelfen, und es Ew. H. deutlich zeigen, wie

die Erleuchtung die kleinsten Theile der Körper in Bewegung setzt.

den 5 Jul. 1760.

Sechs und zwanzigster Brief.

Ich habe mich anheischig gemacht Ew. H. zu erklären, wie die Erleuchtung eines dunkeln Körpers in seinen kleinsten Theilen die Art von erschütternder Bewegung hervor bringen kann, aus der im Aether die Lichtstralen entstehen, durch die uns eben dieser dunkele Körper sichtbar wird. Die Vergleichung zwischen dem Schall und dem Lichte, zwo Sachen, die nur in dem mehr und weniger unterschieden sind, indem das Licht in Absicht des Aethers eben das, was der Schall in Ansehung der Luft ist; diese Vergleichung, sage ich, wird mir zu dieser Erklärung verhelfen. Die leuchtenden Körper müssen mit musikalischen Instrumenten verglichen werden, die man spielt, oder die jetzo wirklich einen Ton geben: ob sie durch ihre eigne oder eine fremde Kraft, die sie berührt, erklingen, das ist hierbey völlig gleichgültig. Das ist genug, daß sie einen Ton von sich geben; oder mit einem Wort, einen Schall machen. Die dunkeln Körper hingegen, so lange sie nicht erleuchtet sind, müssen mit musikalischen Instrumenten, die nicht gespielt werden, oder mit gespannten Saiten verglichen werden, die in Ruhe sind, und also jetzo nicht klingen. Unsere Frage demnach von dem Licht auf den Schall übergetragen, ist diese: Kann eine gespannte aber unberührte Saite, wenn sie unter dem Geräusch musikalischer Instrumente ist, dadurch eine Erschütterung bekommen und anfangen zu klingen, ohne selbst berührt zu werden? Das kann sie allerdings, wie die Erfahrung augenscheinlich lehret. Wenn Ew. H. sich die Mühe geben wollen,

wäh-

während eines Concerts, oder eines vermischten Geräusches von vielen Instrumenten, eine gespannte Saite anzusehen, so werden Sie finden, daß sie anfängt zu zittern, ohne daß man sie berührt, und daß sie eben den Ton giebt, als wenn sie berührt worden wäre. Dieser Versuch gelingt noch besser, wenn die Instrumente einerley Ton mit der Saite angeben. Betrachten Ew. H. nur einmal ein Clavier, worauf nicht gespielt wird, zu der Zeit, wenn auf einer Geige der Ton a recht stark angegeben wird. Sie werden sehen, die Saite von eben diesem Ton wird anfangen zu zittern, und sogar ihren Ton hören zu lassen, ohne berührt zu seyn. Einige andere Saiten, die mit dem Ton in Verbindung stehen, wie z. E. eine Octave, eine Quinte, auch wohl eine Terzie, wenn das Instrument vollkommen rein gestimmt ist, werden zugleich in Bewegung gesetzt werden. Diese Erfahrung ist den Tonkünstlern sehr gut bekannt, und Rameau, dieser große französische Componist, hat darauf sein ganzes System der Harmonie erbauet. Er behauptet, daß die Octaven, Quinten, Terzien, bloß deswegen für Consonanzen erkannt werden müssen, weil eine Saite, die mit einer andern einerley Ton giebt, oder eine Octave, Terzie oder Quinte von ihr ausmacht, wenn diese andere klingt, selbst in Bewegung gesetzt wird. Aber man muß gestehen, die Grundsätze der Harmonie sind schon durch die Leichtigkeit und die Einfachheit der Verhältnisse so gut gegründet, daß sie keine neue Unterstützung brauchen. Vielmehr ist die Erscheinung, von der ich rede, eben eine Folge von diesen Gründen der Harmonie. Um das noch deutlicher zu machen, müssen wir zwey Saiten, die auf Einen Ton gestimmt sind, ansehen. Wenn man die eine schlägt, so wird auch die andere zu zittern und zu klingen anfangen. Die Ursache ist klar. Denn so wie die Saite durch ihre Erzitterung der Luft eine ähnliche schwin-

gende Bewegung mittheilt, so bringt hinwiederum die Luft, wenn sie einmal in diese Bewegung gebracht ist, die Saite zum Zittern, wofern sie nur vermöge ihrer Spannung geschickt ist, eine solche Bewegung anzunehmen. Die Luft, wenn sie in einer schwingenden Bewegung ist, schlägt mit jeder Schwingung ganz schwach an die Saite; aber die Wiederholung dieser Schläge bey jeder Schwingung, setzt bald die Saite in eine merkliche Bewegung, wenn die Schwingungen, zu welchen sie durch ihre Spannung aufgelegt ist, mit denen übereinstimmen, die sich jetzt in der Luft finden. Ist die Anzahl der Schwingungen in der Luft die Hälfte oder das Drittheil, oder mit einem Wort, ein solcher Theil von den Schwingungen der Saite, daß das Verhältniß ziemlich leichte ist: so bekommt die Saite zwar nicht bey jeder Schwingung einen neuen Stoß, wie im vorigen Fall, aber doch bey der zweyten, oder dritten, oder vierten rc.; und das wird also ihre Erzitterung zwar bis auf einen gewissen Grad verstärken, aber doch nicht so sehr als zuvor. Hat aber der Ton in der Luft, mit dem, den die Saite angiebt, gar kein leichtes Verhältniß, so bringt die Bewegung der Luft in der Saite keine Veränderung hervor. Die Schwingungen der Saite, wenn welche geschehen, begegnen sich gar nicht mit den Schwingungen der Luft; und die folgenden Eindrücke der Luft vernichten also größtentheils die Wirkung, die die ersten gethan haben; welches die Erfahrung genau bestätigt. Die Veränderung also bey einer Saite, die durch den bloßen Ton einer andern erzittert, wird alsdann am merklichsten seyn, wenn der Schall in der Luft gerade mit dem Ton der Saite einerley ist. Andere Töne, die mit dem Ton der Saite eine Consonanz ausmachen, werden eine ähnliche aber schwächere Wirkung hervorbringen; die Dissonanzen gar keine. Dieser Umstand hat nicht bloß bey den Saiten, sondern bey allen schallenden Körpern statt.

Eine Glocke ertönt bloß durch den Schall einer andern, die einen mit ihr harmonischen Ton giebt, entweder eben denselben, oder die Octave, Quinte oder Terzie. Die Geschichte erzählt uns eine ähnliche Erfahrung mit den Trinkgläsern. Es gab einen Menschen, der die Gläser durchs Schreyen zerbrechen konnte. Wenn man ihm ein Glas gab, so untersuchte er zuerst den Ton desselben, indem er daran schlug. Hierauf schrie er in eben dem Ton in das Glas hinein, und das Glas fieng an zu erzittern; er verstärkte sodann seine Stimme aus allen seinen Kräften, aber immer in eben dem Tone; und die Erschütterung des Glases wurde endlich so stark, daß es in kleine Stücke zerbrach. Es ist also sehr gewiß und durch die Erfahrung bestätigt, daß eine Saite und jeder anderer schallender Körper, durch den bloßen Schall eines harmonischen Tons in Bewegung gesetzt wird. Dieselbe Erscheinung kann also auch bey den dunkeln Körpern statt haben, und diese können auch durch die bloße Erleuchtung in Bewegung gesetzt werden. Welches eben der Punkt war, den ich beantworten wollte. In meinem nächsten Briefe werde ich die Sache umständlicher erklären.

den 8. Julius 1760.

Sieben und zwanzigster Brief.

Nach dem was ich gesagt habe, wird es Ew. H. nicht mehr befremden, daß ein Körper durch die bloße Erleuchtung eine Bewegung in seinen kleinsten Theilen bekommen kann, die der Bewegung der leuchtenden Körper, wodurch sie zur Hervorbringung der Stralen geschickt und also sichtbar werden, ähnlich ist; und die große Hinderniß, die sich meiner Erklärung von der Sichtbarkeit der dunkeln Körper zu widersetzen schien, ist also gehoben; da hingegen die andere Erklärung durch die Reflexion der Stralen desto mehr Schwürigkeit macht,

 je

je mehr man sie auf die bekannten Erfahrungen anwenden will. Das ist also eine ausgemachte Wahrheit, daß bey allen Körpern, die wir sehen, die kleinsten Theile ihrer Oberfläche sich in einer gewissen Erschütterung oder einer Art schwingender Bewegung befinden, welche der von einer geschnellten Saite gleich, aber unendlich lebhafter und schneller ist: es mag nun diese Bewegung die Wirkung einer innern Kraft, wie bey den von sich selbst leuchtenden Körpern, oder die Wirkung der Stralen, die auf den Körper fallen, das heißt, der Erleuchtung seyn, wie es bey den dunkeln Körpern geschieht. Es ist also falsch, daß der Mond, weil er ein dunkler Körper ist, die Stralen der Sonne zurück werfe, und daß dieses zurück geworfene Licht ihn uns sichtbar mache, wie man gemeiniglich glaubt; sondern die Sonnenstralen, die auf die Oberfläche des Mondes fallen, erregen in seinen kleinsten Theilen eine ähnliche Bewegung, woraus die Stralen des Mondes entspringen, die, wenn sie in unsere Augen kommen, sein Bild in denselben abmalen. Und eben das geschieht bey den Planeten und allen andern dunkeln Körpern. Diese Beweglichkeit der kleinsten Theile der dunkeln Körper dauert nicht viel länger als die Erleuchtung, die sie verursachet hat; und sobald ein dunkler Körper unerleuchtet ist, wird er unsichtbar. Aber wäre es denn nicht möglich, daß eine solche Bewegung, wenn sie einmal den kleinsten Theilen eines Körpers mitgetheilt ist, sich eine Zeitlang erhielte; so wie wir eine stark geschnellte Saite auch noch lange nachher erzittern sehen? Ohne Zweifel ist der Fall möglich, und ich glaube auch, daß er bey den Materien wirklich ist, die Herr Marggraf Ew. H. übergeben hat, die, wenn sie einmal erleuchtet sind, auch noch hernach, wenn man sie in ein dunkles Zimmer trägt, eine Zeitlang ihr Licht behalten. Unterdessen ist dieser Fall sehr selten, und bey allen andern Körpern verschwindet

die

die Bewegung der Theile mit der Erleuchtung, die sie hervorgebracht hat. Aber diese Erklärung, die bisher vollkommen mit allen Erscheinungen übereinstimmt, führt mich auf noch wichtigere Untersuchungen. Zuerst ist ohne Zweifel nach der Verschiedenheit der Körper selbst, auch eine unendliche Verschiedenheit unter den kleinsten Theilen dunkler Körper. Es wird einige geben, die einer stärkern Schwingung fähig sind als andere, und einige, die gar keine annehmen können. Dieser Unterschied zeigt sich nur gar zu deutlich in den Körpern. Ein Körper, dessen Theilchen leicht den Eindruck der Stralen, die auf ihn fallen, annehmen, scheint hell und glänzend; ein anderer hingegen, in dem die Stralen beynahe gar keine Bewegung hervorbringen, scheint dunkel und finster. Unter mehrern gleich erleuchteten Körpern werden Ew. H. immer einen großen Unterschied bemerken; die einen werden glänzender und heller seyn als die andern. Aber noch eine andere sehr merkliche Verschiedenheit unter den kleinsten Theilen dunkler Körper muß es in Ansehung der Anzahl der Schwingungen geben, die jeder in einer gewissen Zeit macht. Ich habe schon bemerkt, daß diese Zahl immer sehr groß seyn muß, und daß die Feinheit des Aethers viele tausend in einer Secunde erfordert. Aber es kann doch noch eine unendliche Verschiedenheit geben, wenn gewisse Theilchen z. E. 15000 Schwingungen in einer Secunde machen, da andere nach dem Grade ihrer Feinheit, ihrer Spannung und ihrer Elasticität nur 11000, 12000, 13000 machen so wie bey den Saiten in der Musik, die Anzahl der gemachten Schwingungen ins Unendliche abwechseln kann; und davon habe ich eben den Unterschied zwischen den hohen und tiefen Tönen hergeleitet. So wie dieser Unterschied in den Tönen wesentlich ist, und das Gehör davon auf eine so eigenthümliche Art gerührt wird, daß eben auf diesem Unterschiede die ganze Harmonie in der

Musik beruht: so kann man nicht zweifeln, daß ein ähnlicher Unterschied in der Anzahl der Schwingungen der Lichtstralen auch eine besondere Wirkung und einen wesentlichen Unterschied in der Art des Sehens hervor bringen werde. Wenn z. E. ein Theil 10000 Schwingungen in einer Secunde macht, und also Stralen von eben der Art hervorbringt; so werden diese Stralen, wenn sie ins Auge kommen, den Boden desselben, und die Nerven, die sich daselbst befinden, 10000 mal in einer Secunde berühren; und diese Wirkung muß so wie die Empfindung, die sie verursacht, ganz anders seyn als die von einem andern Theilchen, das mehr oder weniger Schwingungen in einer Secunde macht. Es wird also bey dem Gesicht einen Unterschied geben, der dem ähnlich ist, welchen das Gehör zwischen tiefen und hohen Tönen bemerket. Ew. H. werden begierig seyn zu wissen, worinnen dieser Unterschied sich beym Sehen äußert, und ob wir in der That die Gegenstände, deren Theile mehr oder weniger Schwingungen in einer Secunde machen, unterscheiden können. Darauf antworte ich Ew. H. daß es die Verschiedenheit der Farben sey, die durch diesen Unterschied hervor gebracht wird: so daß in Ansehung des Gesichts die Farben eben das sind, was die hohen und tiefen Töne in Ansehung des Gehörs. Das ist also eine große Frage, deren Entscheidung sich von selbst und ungesucht dargeboten hat. Diese Frage über die Natur der Farben, hat die Philosophen von je her sehr beunruhigt. Einige haben gesagt, daß sie eine uns ganz unbekannte Modification des Lichts wären. Cartesius behauptet, daß alle Farben nur eine gewisse Mischung von Licht und Schatten sind; und Newton sucht davon die Ursache in den Stralen der Sonne, die, nach ihm, aus der Sonne wirklich ausfließen und aus mehr oder weniger feiner Materie bestehen können; aus welcher Verschiedenheit hernach bey ihm die rothen, gelben, grünen,

nen, blauen und violetten Stralen entstehen. Aber da dieses System von selbst über den Haufen fällt, so läuft alles, was man bisher von den Farben gesagt hat, darauf hinaus, daß wir nichts von ihnen wissen. Ew. H. aber sehen jetzt deutlich ein, daß das Wesen jeder Farbe in einer gewissen Anzahl von Schwingungen bestehe, welche die Theilchen, deren Farbe es ist, in einer Secunde machen.

den 12 Jul. 1760.

Acht und zwanzigster Brief.

Die Unwissenheit in Ansehung der wahren Natur der Farben, hat zu allen Zeiten unter den Philosophen große Streitigkeiten veranlasset. Fast ein jeder hat sich bemüht durch eine neue Meynung in diesem Stücke sich hervor zu thun. Die Meynung, daß die Farben in den Körpern selbst wären, schien ihnen zu gemein und eines Philosophen unwürdig, der sich immer über das Gewöhnliche erheben muß. Da der Bauer sich einbildet, daß der Körper es sey, der roth, blau, oder grün ist: so kann der Philosoph sich nicht besser unterscheiden, als weil er das Gegentheil behauptet: also muß er sagen, daß die Farben nichts wirkliches sind, und daß in den Körpern nichts vorhanden ist, worauf sie sich beziehen. Die Newtonianer setzen die Farben bloß in die Lichtstralen, die sie deswegen nach den Farben, in rothe, gelbe, grüne, blaue und violette eintheilen; und sie sagen, daß ein Körper uns alsdann von der und der Farbe zu seyn scheint, wenn er die Stralen dieser Gattung zurück wirft. Andere, denen auch diese Meynung noch zu körperlich zu seyn schien, behaupteten, daß die Farben bloß in der Vorstellung bestünden. Das ist in der That das beste Mittel, seine Unwissenheit zu verbergen. Der gemeine Mann würde sonst leicht auf die Gedanken gerathen,

daß

daß der Gelehrte nichts mehr von der Natur der Farbe wisse als er. So aber, wenn man die Gelehrten reden hört, bildet man sich ein, daß sie die tiefsten Geheimnisse besäßen; und doch wissen sie im Grunde nichts mehr als der Bauer, und vielleicht noch weniger. Ew. H. werden sehr leicht erkennen, daß dieser anscheinende Scharfsinn in der That nichts als Spitzfindigkeit ist. Jede einfache Farbe, um sie von den zusammengesetzten zu unterscheiden, ist an eine gewisse Anzahl von Schwingungen gebunden, die in einer gewissen Zeit geschehen; so daß die und die Zahl die rothe Farbe bestimmt, eine andere die gelbe, eine dritte die blaue, noch eine andere die violette, welches die einfachen Farben sind, wie der Regenbogen sie uns vorstellt. Also, wenn die Theilchen eines Körpers von der Art sind, daß, wenn sie bewegt werden, sie in einer Secunde so viel Schwingungen machen, als z. E. die rothe Farbe erfordert: so nenne ich mit dem Bauer den Körper roth; und ich sehe nicht ein, warum ich den gewöhnlichen Sprachgebrauch verlassen sollte. Mit eben so gutem Rechte können auch die Stralen, welche eben so viel Schwingungen in einer Secunde enthalten, roth genennet werden; und wenn endlich die Nerven im Grunde des Auges von eben diesen Stralen gerührt und von ihnen eben so oft in einer Secunde angestoßen werden, so erregen sie die Empfindung der rothen Farbe. Hier ist alles klar; und ich sehe keine Ursache, dunkle und geheimnißvolle Ausdrücke einzuführen, die im Grunde nichts sagen.

Die Analogie zwischen Schall und Licht ist so vollkommen, daß sie sich auch in den kleinsten Umständen bestätigt. Als ich die Erfahrung von einer gespannten Saite anführte, die durch das bloße Erklingen gewisser Töne in Bewegung gesetzt werden kann, so sagte ich: daß der Ton, den die Saite selbst angiebt, auch der kräftigste sey, diese Saite in Bewegung zu setzen; und

daß

daß andere Töne keine Wirkung auf sie thun, außer nur in so fern sie mit dem Tone der Saite eine Consonanz ausmachen. Gerade eben das findet sich bey dem Lichte und bey den Farben, indem die verschiedenen Farben mit den verschiednen Tönen in der Musik in Verhältniß stehn. Um diese wunderbare Erscheinung zu sehen, die mein System vollkommen bestätigt, macht man ein Zimmer ganz finster. In den Fensterladen macht man ein kleines Loch; vor welches man in einer gewissen Entfernung einen Körper von einer gewissen Farbe z. E. ein Stück rothes Tuch stellt, so daß, wenn es gut erleuchtet ist, die Stralen davon in das dunkle Zimmer fallen. Also nur rothe Stralen werden das seyn, die ins Zimmer kommen, weil allem andern Lichte der Zugang verschlossen ist. Jetzo, wenn man in dem Zimmer der Oeffnung gegenüber ein Stück Tuch von derselben Farbe hält: so wird man es vollkommen gut erleuchtet sehen, und seine rothe Farbe wird sehr helle und glänzend scheinen. Aber setzt man an dessen Stelle ein Stück grünes Tuch: so wird das Tuch dunkel bleiben, und von seiner Farbe wird man beynahe gar nichts sehen. Stellt man aber vor die Oeffnung außerhalb dem Zimmer ein Stück grünes Tuch, das gut erleuchtet ist: so wird das grüne Tuch im Zimmer völlig erleuchtet, und seine Farbe sehr helle seyn. Eben so ist es mit allen andern Farben; und ich glaube, das ist der stärkste Beweis, den es für mein System geben kann. Wir sehen nämlich daraus, daß, um einen Körper von gewisser Farbe zu erleuchten, die Stralen, die auf ihn fallen, von eben der Farbe seyn müssen, weil die Theile einer andern Farbe nicht fähig sind, die kleinsten Theilchen dieses Körpers in Bewegung zu setzen. Eben das zeigt sich auch noch durch einen sehr bekannten Versuch. Wenn man Weingeist in einem Zimmer anzündet, so wissen Ew. H. daß die Flamme bläulicht ist, und daß sie also auch blaue Stra-

sen hervor bringt. Alle Personen nun, die im Zimmer sind, scheinen alsdann blaß und todtenfarbig, so geschminkt oder so roth sie auch seyn mögen. Die Ursache ist augenscheinlich. Die blauen Stralen sind nicht im Stande, die rothe Farbe auf dem Gesichte zu erregen oder in Schwingung zu bringen; man sieht auf ihm nichts als eine schwache bläulichte Farbe; aber dafür wird ein blaues Kleid, wenn jemand von der Gesellschaft ein solches hat, sehr hell und glänzend aussehen. Nun erleuchten die Stralen der Sonne, die Stralen einer Wachskerze oder eines ordentlichen Lichtes, beynah alle Körper auf gleiche Weise. Daraus schließt man, daß die Sonnenstralen alle Farben zusammen enthalten, ob sie gleich mehr gelblicht aussehen. Und in der That, wenn man in ein verfinstertes Zimmer Stralen von allen einfachen Farben, rothe, gelbe, grüne, blaue und violette, beynah in gleicher Anzahl fallen, und sie sich in Einem Punkt vereinigen läßt; so entsteht daraus eine weißlichte Farbe. Daraus zieht man den Schluß, daß die weiße Farbe nichts weniger als eine einfache Farbe sey; sondern daß sie vielmehr aus der Vermischung aller einfachen Farben entstehe. Wir sehen auch, daß das Weiße alle Farben gleich gut annehmen kann. Das Schwarze ist eigentlich gar keine Farbe. Wenn die Theilchen eines Körpers zu schwer sind, daß sie gar keine schwingende Bewegung annehmen; so ist der Körper schwarz. Oder ein Körper, der keine Stralen hervor bringt, ist schwarz. Der Mangel aller Stralen also bringt diese Farbe hervor; und je mehr sich auf der Oberfläche eines Körpers solcher Theile finden, die keiner schwingenden Bewegung fähig sind: desto dunkler und schwärzlichter sieht er aus.

den 15 Jul. 1760.

Neun und zwanzigster Brief.

Ich habe schon angemerkt, daß es gewisse Körper giebt, die die Lichtstralen durchlassen, welche man durchsichtige nennt, dergleichen das Glas, das Wasser und insbesondere die Luft ist. Unterdessen ist eigentlich nur der Aether das gehörige Mittel, in welchem sich die Lichtstralen formiren. Andere Körper sind nur deswegen durchsichtig, weil sie Aether in sich enthalten, und mit demselben so vermischt sind, daß die Bewegungen, die durch das Licht darinnen hervorgebracht werden, sich mittheilen und fortpflanzen können, ohne von den Körpern aufgehalten zu werden. Aber dieser Durchgang ist niemals so frey wie in dem reinen Aether selbst, und es verliert sich immer etwas von der Bewegung, und um desto mehr, je dicker der Körper ist. Die Dicke kann sogar so groß werden, daß das ganze Licht sich darinn verliert, und dann hört der Körper auf, durchsichtig zu seyn. Also, ob gleich das Glas an und für sich ein durchsichtiger Körper ist, so ist doch ein großes Stück von einigen Füßen in der Dicke, nicht mehr durchsichtig, und man kann nicht hindurch sehen. Eben so mag das Wasser eines Flusses noch so rein seyn; an den Orten, wo es sehr tief ist, sieht man doch den Boden nicht, ob man ihn gleich da sehen kann, wo es seichte ist. Also ist die Durchsichtigkeit nur eine Eigenschaft der Körper, die mit ihrer Dicke proportionirt ist; und wenn man diese Eigenschaft dem Glase, dem Wasser u. s. f. zuschreibt: so muß man es immer mit der Einschränkung verstehen: wenn die Dicke dieser Körper nicht zu groß ist. Bey jeder Gattung giebt es einen gewissen Grad von Dicke, über welchen hinaus der Körper nicht mehr durchsichtig ist. Im Gegentheil giebt es keinen undurchsichtigen Körper, der nicht endlich durchsichtig würde, wenn er zu einer ganz dünnen Platte gemacht wird. So, obgleich

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

das Gold nicht durchsichtig ist, so sind doch die Goldblätchen durchsichtig; und wenn man die kleinsten Theilchen aller Körper durch ein Vergrößerungsglas ansieht, so findet man sie alle durchsichtig. Man könnte also sagen, daß alle Körper durchsichtig sind, wenn man sie nur dünne genug macht; und daß im Gegentheil kein Körper durchsichtig ist, wenn er zu dicke wird. Man nennt aber nach dem Sprachgebrauch nur diejenigen Körper durchsichtig, die diese Eigenschaft bis auf einen gewissen Grad der Dicke behalten, wenn sie dieselbe auch bey einer größern Dicke verlieren. Der Aether allein ist, vermöge seiner Natur, vollkommen und durchaus durchsichtig, und die Größe seiner Ausdehnung vermindert seine Durchsichtigkeit nicht im geringsten. Die erschreckliche Weite der Fixsterne, an die sich Ew. H. erinnern werden, verhindert nicht, daß ihre Stralen nicht bis zu uns kommen sollten. Aber wenn unsere Luft, ob sie gleich vollkommen durchsichtig scheint, sich bis zum Monde erstreckte, so würde sie alle ihre Durchsichtigkeit verlieren, und kein einziger Stral der Sonne oder der übrigen himmlischen Körper würde bis zu uns durchdringen können; wir würden uns in einer Aegyptischen Finsterniß befinden. Die Ursache davon fällt in die Augen; und wir werden beym Schall eben das gewahr, dessen Aehnlichkeit mit dem Lichte sich also in aller Absicht bestätigt. Die Luft ist das natürliche Mittel, durch welches sich der Schall fortpflanzet; aber die in der Luft erregten Erschütterungen können auch die Theile anderer Körper in Bewegung setzen; und diese, indem sie dieselbe den innern Theilen mittheilen, können den Schall durch den Körper selbst hindurch fortpflanzen, wofern er nicht zu dicke ist. Es giebt also Körper, die in Ansehung des Schalls eben das sind, was die durchsichtigen in Absicht des Lichts; und diese Eigenschaft haben eigentlich, in Absicht des Schalls, alle Körper, wenn sie nur

nicht

nicht gar zu dicke sind. In der That können Ew. H. in Ihrem Zimmer beynahe alles hören was im Vorzimmer vorgeht, wenn gleich die Thüren fest verschlossen sind. Die Erschütterung der Luft in dem Vorzimmer theilt sich den Wänden mit, durch diese dringt die Erschütterung endlich bis ins Zimmer selbst, obgleich mit einigem Verlust. Nähme man die Wände weg, so würde Ew. H. ohne Zweifel alles viel deutlicher hören. Je dicker aber die Wände sind, desto mehr verliert der Schall beym Hindurchgehen von seiner Stärke; und es könnten die Wände so dick seyn, daß man nichts mehr von dem hörte, was außerhalb vorgeinge, wenn es nicht ein sehr heftiger Schall, wie z. E. ein Kanonenschuß, wäre. Dieses führt mich auf eine andre Anmerkung, daß ein heftiger Schall durch Mauren dringt, die für einen schwächern undurchdringlich sind: und also um zu beurtheilen, ob eine Mauer einen gewissen Schall fortpflanzen wird, muß man nicht bloß auf die Dicke der Mauer, sondern auch auf die Stärke des Schalls Acht haben. Ist der Schall sehr schwach, so ist auch eine sehr dünne Mauer im Stande, ihn aufzuhalten, ob sie gleich einen stärkern fortpflanzen könnte. Eben so ist es mit den durchsichtigen Körpern, die einem starken Lichte den Durchgang erlauben, und durch die man doch weniger glänzende Gegenstände nicht sehen kann. Wenn man ein Glas mit Rauch schwärzt, so sieht man die nicht sehr hellen Gegenstände nicht mehr hindurch, aber die Sonne sieht man sehr deutlich. Dieß ist das Mittel, dessen sich die Astronomen bedienen, die Sonne zu beobachten, die sonst die Augen blenden würde. Und wenn man sich in einem dunkeln Zimmer befindet, wo die Sonne nur durch eine Oeffnung im Fensterladen hinein kann, so mag man immerhin die Hand vor die Oeffnung halten, die Sonne wird doch durchscheinen. Unterdessen sieht man doch, daß das Sonnenlicht viel von sei-

nem Glanze bey dem Durchgauge durch einen solchen Körper, der in Vergleichung mit andern nicht einmal durchsichtig ist, verliert. Aber ein sehr starkes Licht kann viel von seinem Glanze verlieren, ehe es völlig verlischt; da sich hingegen ein schwächeres bald verliert. So ist ein sehr dickes Stück Glas für nicht sehr helle Gegenstände nicht durchsichtig, aber die Sonne kann man doch hindurch sehen. Diese Anmerkungen über die durchsichtigen Körper führen mich auf die Theorie der Stralenbrechung; von der Ew. H. oft werden haben reden hören, und die ich im Folgenden werde in ihr gehöriges Licht zu setzen suchen.

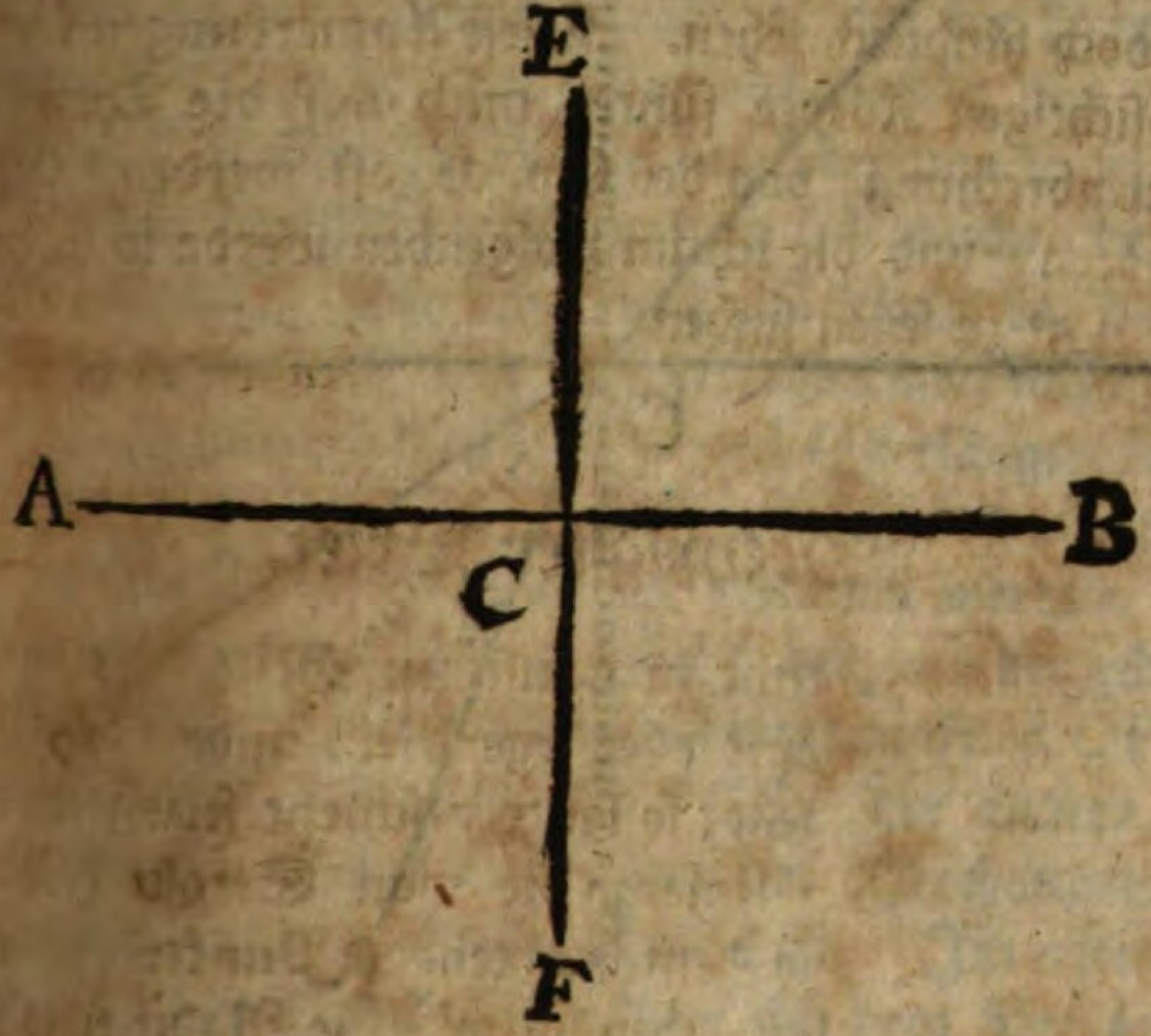
den 18 Jul. 1760.

Dreyßigster Brief.

So lange das Licht in demselben Mittel, es sey der Aether, die Luft oder irgend ein anderer durchsichtiger Körper, fortgeht, so lange geschieht seine Fortpflanzung nach geraden Linien, die man Stralen (radios) nennt, weil sie von dem leuchtenden Punkte nach allen Gegenden auslaufen, eben so wie die Radii eines Zirkels oder einer Kugel aus dem Mittelpunkte. In dem System der Emanation sind es die kleinen Theile, die von dem leuchtenden Körper in geraden Linien ausgestossen werden. Eben diese Richtung haben die Lichtstralen in dem wahren System, das ich die Ehre gehabt habe Ew. H. vorzutragen. Die Bewegungen theilen sich in lauter geraden Linien mit, eben so wie der Schall einer Glocke in gerader Linie fortgepflanzt wird, durch die wir beurtheilen, von welcher Gegend der Schall herkommt. In beyden Systemen also stellt man sich die Stralen als gerade Linien vor, so lange sie in demselben durchsichtigen Mittel bleiben. Sobald sie aber aus einem Mittel in das andere übergehen, sobald werden sie

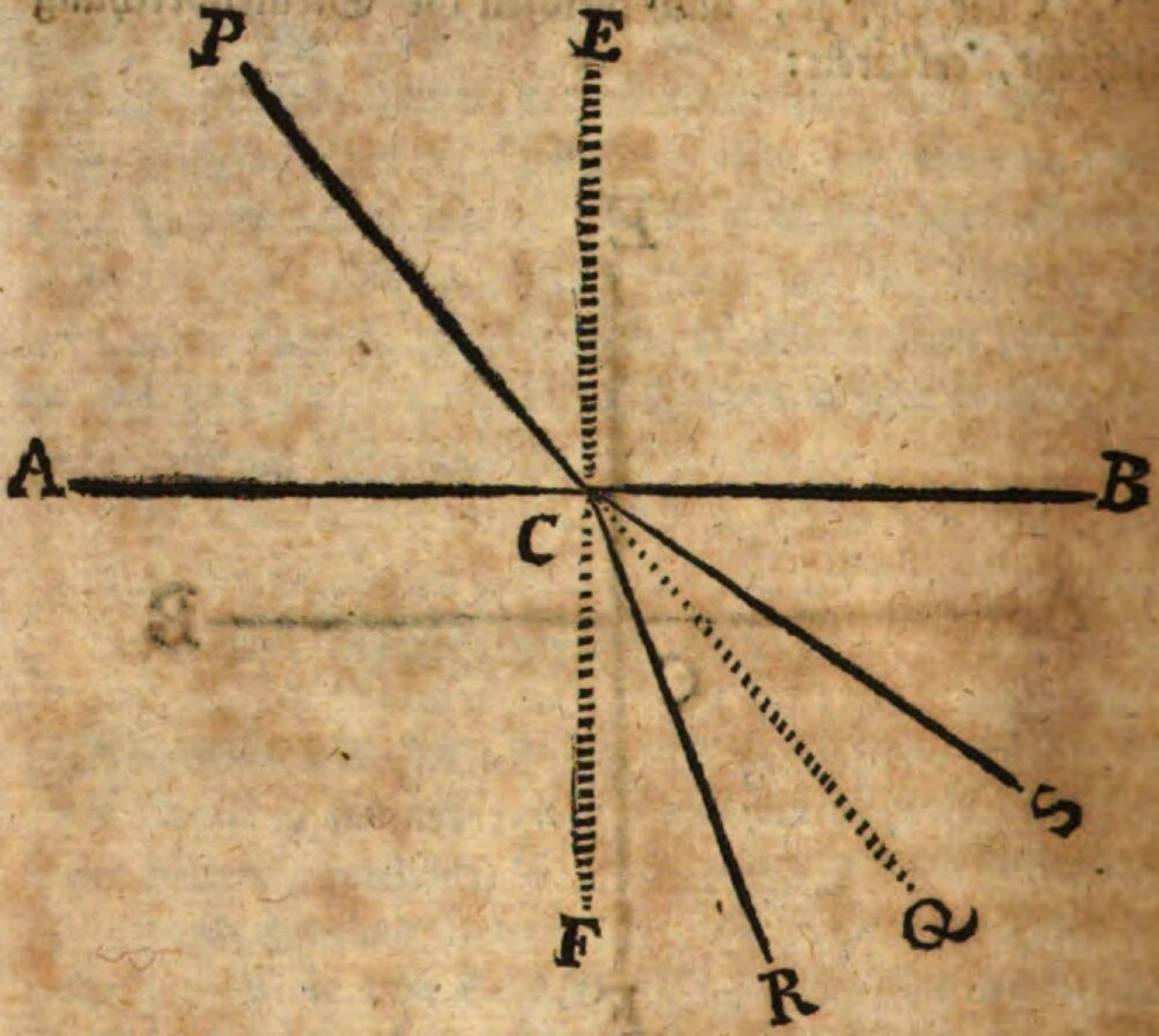
von

von ihrem Wege abgebracht; und diese Veränderung des Weges ist das, was man die Brechung der Lichtstralen nennt, deren Kenntniß bey unzähligen Erscheinungen von der größten Wichtigkeit ist. Ich will also Ew. H. die Gesetze, nach welchen die Stralenbrechung geschieht, erklären:



Das erste unwandelbare Gesetz ist dieses: daß, wenn ein Stral wie E C, perpendikular auf die Oberfläche eines andern Mittels fällt, er ohne gebrochen zu werden seinen Weg in derselben verlängerten geraden Linie fortsetzt. Wenn also E C ein Lichtstral ist, der perpendikular auf die Oberfläche A B des Wassers oder des Glases fällt: so wird er nach eben derselben Richtung fortgehen, und sein Weg wird die Linie C F seyn, die auch auf der Oberfläche A B perpendikular, und also mit C E in einer geraden Linie ist. Das ist auch der einzige Fall, wo es keine Refraction giebt. In allen andern Fällen, wenn der Stral nicht perpendikular auf die Oberfläche eines

andern durchsichtigen Körpers fällt, so setzt er seinen Weg nicht in derselben geraden Linie fort; er entfernt sich mehr oder weniger davon, oder er wird gebrochen.



PC sey ein Stral, der schief auf die Oberfläche AB eines andern durchsichtigen Mittels fällt. Indem er in dieses Mittel übergeht, wird er nicht seinen Weg in der geraden Linie CQ, welche die Verlängerung von PC ist, verfolgen, sondern er wird sich davon entweder in der Linie CR oder CS entfernen. Er wird also in C eine Beugung bekommen, die man die Refraction nennt. Diese Brechung hängt theils von der Verschiedenheit der beyden Materien, aus welcher und in welche der Stral fährt, und theils von der Schiefe der Richtung PC ab, in welcher der Stral einfällt. 1) Die Oberfläche AB, welche die beyden Materien von einander absondert, die, wo

wo der Stral herkommt, und die, wo er hineingeht, heißt die brechende Oberfläche. 2) Der Stral P C, der darauf fällt, heißt der einfallende Stral. 3) Der Stral CR oder CS, der in dem andern Mittel einen von CQ unterschiedenen Weg nimmt, heißt der gebrochne Stral. Ferner, wenn man auf die Oberfläche A B die Perpendikularlinie E C F zieht, so nennt man 4) den Winkel PCE, den der einfallende Stral P C mit der Perpendikularlinie E C macht, den Neigungswinkel; und 5) den Winkel R C F oder SCF, den der gebrochne Stral CR oder C S mit der Perpendicularlinie CF macht, den Refractionswinkel. Die Brechung also macht es, daß der Einfallswinkel PCE dem Refractionswinkel nicht gleich ist. Denn wenn man die Linie P C nach Q verlängert, so sind die Winkel PCE und FCQ Vertikalwinkel, und also gleich, wie sich Ew. H. noch sehr gut erinnern werden. Es sind demnach zween Fälle möglich: der, wo der gebrochne Stral C R ist, und der Brechungswinkel RCF kleiner ist als der Einfallswinkel PCE; der andere, wo der gebrochene Stral CS, und der Brechungswinkel SCF größer als der Einfallswinkel ist. Im ersten Fall sagt man, der Stral C R nähere sich dem Perpendikul CF; im andern, er entferne sich davon. Wir müssen also sehen, wenn der eine und wenn der andere Fall Statt hat. Dieses kommt auf die Verschiedenheit der beyden Mittel an, nachdem das eine dichter ist als das andere, folglich, nachdem der Stral mit mehr Schwierigkeit durch das eine hindurch geht als durch das andere. Zu dem Ende muß man bemerken, daß der Aether die dünnste unter allen Materien sey, durch welche die Stralen ohne den geringsten Widerstand hindurch können. Die andern bekanntesten durchsichtigen Materien halten diese Ordnung: Luft, Wasser, Glas; so, daß das Glas eine dichtere Materie ist als das Wasser, das Wasser eine dichtere als die Luft, und die Luft eine dichtere als

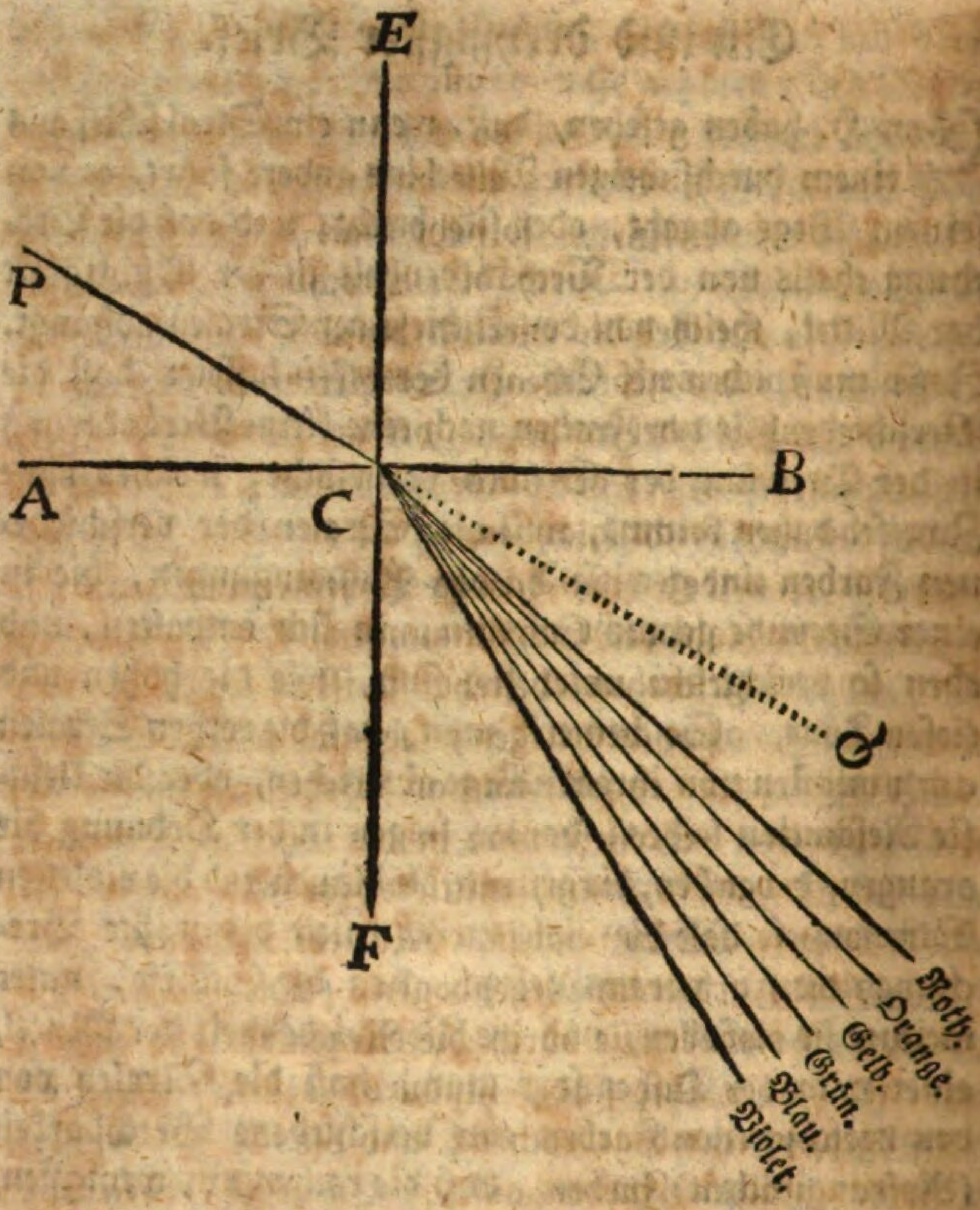
der Aether. Das voraus gesetzt, so darf man nur diese beyden allgemeinen Regeln in Acht nehmen: 1) Wenn die Stralen aus einer dünnern in eine dichtere Materie übergehen, so nähert sich der gebrochene Stral dem Perpendikul; das ist der Fall, wo der gebrochene Stral CR ist, wenn der einfallende PC war. 2) Wenn die Stralen aus einer dichtern Materie in eine dünnere fahren, so entfernt sich der gebrochne Stral vom Perpendikul; das ist der Fall, wo CS der gebrochne Stral ist; voraus gesetzt, daß PC der einfallende ist. Diese Beugung ist um desto größer, je größer die Verschiedenheit in der Dichtigkeit beyder Materien ist. So leiden die Stralen, wenn sie aus der Luft ins Glas fallen, eine stärkere Brechung, als wenn sie aus der Luft ins Wasser fallen; obgleich in beyden Fällen sich die gebrochnen Stralen dem Perpendikul nähern. Auf gleiche Art werden die Stralen, wenn sie aus dem Glase in die Luft fahren, stärker gebrochen, als wenn sie aus dem Wasser in die Luft fahren, ob gleich in beyden Fällen vom Perpendikul ab. Endlich muß man auch bemerken, daß der Unterschied zwischen dem Neigungs- und dem Brechungswinkel desto größer sey, je größer der Neigungswinkel ist, oder mit andern Worten, daß, je weiter sich der einfallende Stral vom Perpendikul entfernt, desto größer die Entfernung des Strals von seinem Wege oder die Refraction sey. Es herrscht darinn ein gewisses Verhältniß, das man durch die Geometrie bestimmt; aber es ist nicht nöthig, sich in eine solche Genauigkeit einzulassen. Das was ich gesagt, ist zum Verstande dessen, was ich noch zu sagen habe, hinlänglich.

den 22 Jul. 1760.

Ein und dreyßigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß, wenn ein Stral schief aus einem durchsichtigen Mittel ins andere fährt, er von seinem Wege abgeht, oder sich bricht; und daß die Brechung theils von der Verschiedenheit in der Dichtigkeit der Mittel, theils von der Schiefe der Stralen abhängt. Jetzo muß ich noch Ew. H. bemerken lassen: daß die Verschiedenheit der Farben noch eine kleine Veränderung in der Brechung der Stralen verursache; welches ohne Zweifel daher kommt, weil die Stralen der verschiedenen Farben eine gewisse Anzahl Schwingungen, die in einer Secunde gemacht werden, in sich enthalten, und eben so verschieden unter sich sind, wie die hohen und tiefen Töne. So bemerkt man, daß die rothen Stralen am wenigsten von ihrem Wege abweichen, oder die kleinste Refraction leiden; darauf folgen in der Ordnung die orangen, die gelben, die grünen, die blauen und die violetten Stralen; so daß die violetten Stralen die größte Brechung leiden; voraus gesetzt, daß die Schiefe, unter welcher sie einfallen, und die Verschiedenheit der Mittel, einerley seyn. Daher sagt man, daß die Stralen von den verschiedenen Farben eine verschiedene Brechbarkeit (Refrangibilität) haben; daß die rothen am wenigsten, und die violetten am meisten brechbar sind.

Wenn also P C ein Stral ist, der z. E. aus dem Glase ins Wasser fährt, so wird, wenn der Neigungswinkel PCE ist, der gebrochene Stral sich dem Perpendikul CF nähern; und ist der Stral roth, so wird der gebrochene C-roth; ist er orange, so wird er C-orange seyn; und so mit den übrigen, wie man es in der Figur sieht. Alle diese Stralen entfernen sich von der Linie CQ, die die Verlängerung von PC ist, gegen den Perpendikul zu. Aber der rothe Stral entfernt sich am we-



nigsten von CQ, oder wird am wenigsten" gebrochen; der violette entfernt sich am meisten, und bekommt die größte Biegung. Ist nun PC ein Sonnenstral, so bringt er alle die angezeigten gefärbten Stralen zugleich hervor: und wenn man ein Blatt Papier dagegen hält, so sieht man darauf wirklich alle diese Farben; daher man sagt, daß jeder Sonnenstral alle einfache Farben in sich enthalte. Eben das geschieht, wenn PC ein weißer Stral ist, oder von einem weißen Körper kommt. Man sieht aus ihm durch die Brechung alle

alle Farben entstehen; und daraus schließt man, daß die weiße Farbe ein Gemisch von allen einfachen Farben sey, wie ich schon die Ehre gehabt habe, Ew. H. zu sagen. In der That darf man nur alle diese gefärbte Stralen in einem Punkt vereinigen, so sieht man die weiße Farbe wieder entstehen. Durch die Brechung also werden wir gewahr, welches die wirklich einfachen Farben sind. Sie folgen in den gebrochenen Stralen in der Ordnung auf einander: 1) der rothe, 2) der orange, 3) der gelbe, 4) der grüne, 5) der blaue, 6) der violette Stral. Aber man darf nicht glauben, daß es nicht mehr wie sechs Farben gäbe; denn da das Wesen einer jeden in einer gewissen Zahl der Schwingungen, die in einer bestimmten Zeit geschehen, besteht, so ist es klar, daß die Zahlen, die dazwischen liegen, ebenfalls einfache Farben geben. Aber es fehlt nns an Worten, diese Farben zu bezeichnen. So sieht man in der That zwischen dem Gelben und dem Grünen, mittlere Farben, aber die keinen besondern Namen haben. Auf eben diesem Grunde beruhen die Farben im Regenbogen. Die Sonnenstralen werden, indem sie durch die Regentropfen, die zu der Zeit in der Luft sind, hindurch gehen, von ihnen zurückgeworfen und gebrochen; und die Brechung löst sie in ihre einfachen Farben auf. Ew. H. werden ohne Zweifel bemerkt haben, daß diese Farben im Regenbogen in eben der Ordnung auf einander folgen: das Rothe, das Orange, das Gelbe, das Grüne, das Violette; aber wir finden auch darinnen alle Zwischenfarben, die gleichsam die Uebergänge von einer Farbe zur andern sind; und wenn wir mehr Benennungen hätten, diese verschiednen Grade zu unterscheiden, so würden wir auch mehr verschiedne Farben von einem Rande des Regenbogens bis zum andern zählen können. Vielleicht giebt es Nationen, deren Sprache in diesem Stücke reicher ist, und die also wirklich mehr verschiedne Farben bemerken

können;

können; vielleicht zählen andere wieder weniger, wenn ihre Sprache z. E. kein Wort hätte, das Orange auszudrücken. Einige setzen noch die Purpurfarbe hinzu; die man in der That am Rande des Rothen bemerkt, und die andere mit unter dem Namen des Rothen begreifen.

C.	D.	E.	F.	G.	A.	B.
Purpur.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.	Violet.

Man kann diese Farben mit den Tönen einer Octave vergleichen, so wie ich sie hier vorgestellt habe, weil die Farben sich eben sowohl als die Töne durch Zahlen ausdrücken lassen. Es scheint sogar, daß wenn man das Violette noch weiter erhöht, man zu einem neuen Purpur kommt, gerade so, wie man in Stimmen, wenn man über das B hinaus geht, wieder zum c kommt; welches eine Octave über dem C ist. Und wie man in der Musik diesem Ton seiner Aehnlichkeit wegen eben den Namen giebt; so ist es auch mit den Farben, die, wenn sie durch die Intervalle einer Octave hinauf gestiegen sind, wieder dieselben Namen bekommen; oder zwey Farben so wie zwey Töne, deren eine gerade doppelt so viel Schwingungen macht, wie die andere, werden als eine Farbe angesehen, und haben einerley Namen. Auf diese Grundsätze wollte der Pater Castel in Frankreich eine Art von Musik der Farben gründen. Er machte ein Clavier, wo jede Taste, wenn sie berührt wird, ein Stück Tuch von einer gewissen Farbe sehen läßt; und er glaubt, daß dieses Clavier, wenn es gut gespielt würde, den Augen ein sehr angenehmes Schauspiel geben könnte. Er nennt es ein Farbenclavier, und Ew. H. werden schon zuweilen davon haben reden hören. Ich für mein Theil glaube, daß es eigentlich die Malerey sey, die für die

Augen

Augen das, was die Musik für die Ohren ist; und ich sehe nicht ein, wie eine Reihe gefärbter Stücke Tuch, die in einer gewissen Ordnung vorgestellt werden, den Augen sehr angenehm seyn könnte.

Den 27 Jul. 1760.

Zwey und dreyßigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß die Ursache von der Sichtbarkeit der Gegenstände in einer äußerst schnellen schwingenden Bewegung in den kleinsten Theilchen ihrer Oberfläche liege, und daß die Anzahl dieser Schwingungen die Farbe bestimme. Dabey ist es völlig einerley, ob diese kleinsten Theilchen durch eine innere Kraft in Bewegung gesetzt werden, wie in den leuchtenden Körpern; oder ob sie ihre Bewegung von einer Erleuchtung oder von den Stralen andrer Körper, die auf sie fallen, bekommen, wie in den dunkeln Körpern. Die Anzahl und die Geschwindigkeit der Schwingungen aber hängt von der Größe und Schwere der Theile, und von ihrer Schnellkraft ab, eben so, wie die Geschwindigkeit in den Schwingungen einer Saite von ihrer Dicke und von ihrer Spannung abhängt. So lange also die Theilchen eines Körpers eben dieselbe Federkraft behalten, so lange werden sie immer einerley Farbe vorstellen. So behalten die Blätter einer Pflanze ihr Grün, so lange sie frisch sind, aber wenn sie anfangen zu verwelken, so bringt die Veränderung in den Triebfedern, die die Vertrocknung veranlasset, auch eine Veränderung in der Farbe hervor. Aber davon habe ich schon die Ehre gehabt, Ew. H. zu unterhalten. Jetzo will ich die allgemeine Erfahrung erklären, warum der Himmel bey Tage uns blau aussieht? Wenn man bloß nach dem sinnlichen Schein urtheilen sollte, so sollte man denken, es wäre über uns ein großes blau gemaltes Gewölbe; so wie uns

die Maler den Himmel an einer Decke vorstellen. Von dem Vorurtheile habe ich nicht erst nöthig, Ew. H. zu befreyen. Ein wenig Nachdenken ist schon hinlänglich, uns zu überführen, daß der Himmel kein blaues Gewölbe, und daß die Sterne keine glänzende Nägel sind, die an demselben angeheftet wären. Ew. H. sind davon überzeugt, daß die Sterne unermeßliche Körper, und von uns sehr weit entfernt sind; und daß sie sich in einem Raume bewegen, der beynahe leer, oder der doch nur mit der feinen Materie, die man Aether nennt, angefüllt ist. Ich werde Ew. H. zeigen, daß die Ursache von dem Blauen des Himmels darinn liege, daß unsere Atmosphäre nicht vollkommen durchsichtig ist. Wäre es möglich, immer höher über die Oberfläche der Erde sich zu erheben, so würde die Luft anfangs immer dünner und dünner werden; bald darauf würde sie nicht mehr im Stande seyn, das Athemholen zu unterhalten; und endlich würde sie sich ganz verlieren, und man würde sich in dem reinen Aether befinden. In der That fällt auch das Quecksilber im Barometer, wenn man es auf sehr hohe Berge bringt, weil der Dunstkreis leichter wird; aber alsdann sieht man zugleich das glänzende Blau des Himmels immer blässer und blässer werden. Wenn man also bis zu dem reinen Aether hinauf steigen könnte, so würde sich die blaue Farbe endlich ganz verlieren; und sähe man alsdann in die Höhe, so würde man schlechterdings nichts sehen; der Himmel würde ganz schwarz scheinen, wie bey der Nacht. Denn alles das scheint uns schwarz, wovon kein Lichtstral zu uns kommt. Man hat also wohl Ursache zu fragen, woher das Blau des Himmels entsteht? Zuerst ist das ausgemacht: wäre die Luft eine so vollkommen durchsichtige Materie wie der Aether, so könnte diese Erscheinung nicht statt finden. Wir würden alsdann keine andern Stralen von oben bekommen, als die von den Sternen; da jetzo das Tageslicht

licht so helle ist, daß das kleine Licht der Sterne ganz unmerklich wird. Ew. H. werden bey Tage die Flamme eines Wachslichtes, wenn es nur etwas weit entfernt ist, nicht sehen; aber bey der Nacht scheint uns eben diese Flamme sehr helle, und noch dazu in sehr großen Entfernungen. Daraus ist klar, daß man die Ursache von dem Blau des Himmels in der Undurchsichtigkeit der Luft suchen müsse. Die Luft ist mit einer Menge kleiner Theilchen angefüllt, die nicht völlig durchsichtig sind, die aber, wenn sie von der Sonne erleuchtet werden, dadurch eine schwingende Bewegung bekommen, die neue diesen Theilchen eigne Stralen hervor bringt; oder mit andern Worten: diese Theilchen sind an sich dunkel; aber erleuchtet, werden sie uns selbst sichtbar. Die Farbe dieser Theilchen nun ist blau. Das ist also die Erklärung unserer Erscheinung: die Luft enthält eine Menge kleiner blauer Theile; oder man kann sagen, daß die kleinsten Theile von ihr blaulicht sind, aber von einem höchst blassen Blau, das nur in einer großen Masse von Luft merklich wird. So sehen wir in einem Zimmer von dieser blauen Farbe der Luft nichts; aber wenn alle blaulichte Stralen des ganzen Dunstkreises zugleich in unsere Augen kommen, so können sie, so blaß und schwach die Farbe eines jeden auch seyn mag, zusammen doch eine sehr tiefe und dunkle Farbe hervor bringen. Das bestätigt sich noch durch eine andere Erfahrung, die Ew. H. kennen. Wenn man einen Wald in der Nähe ansieht, so schein er grün; entfernt man sich aber von ihm, so wird er immer mehr und mehr bläulicht. Die Wälder des Harzgebirges, die man zu Magdeburg sieht, scheinen sehr blau, ob sie gleich, wenn man sie zu Halberstadt ansieht, grün aussehen; der große Raum voll Luft zwischen Magdeburg und diesen Gebirgen ist davon die Ursache. So blaß und dünne auch die bläulichten Stralen der Luft seyn mögen, so kommen doch bey einem

solchen

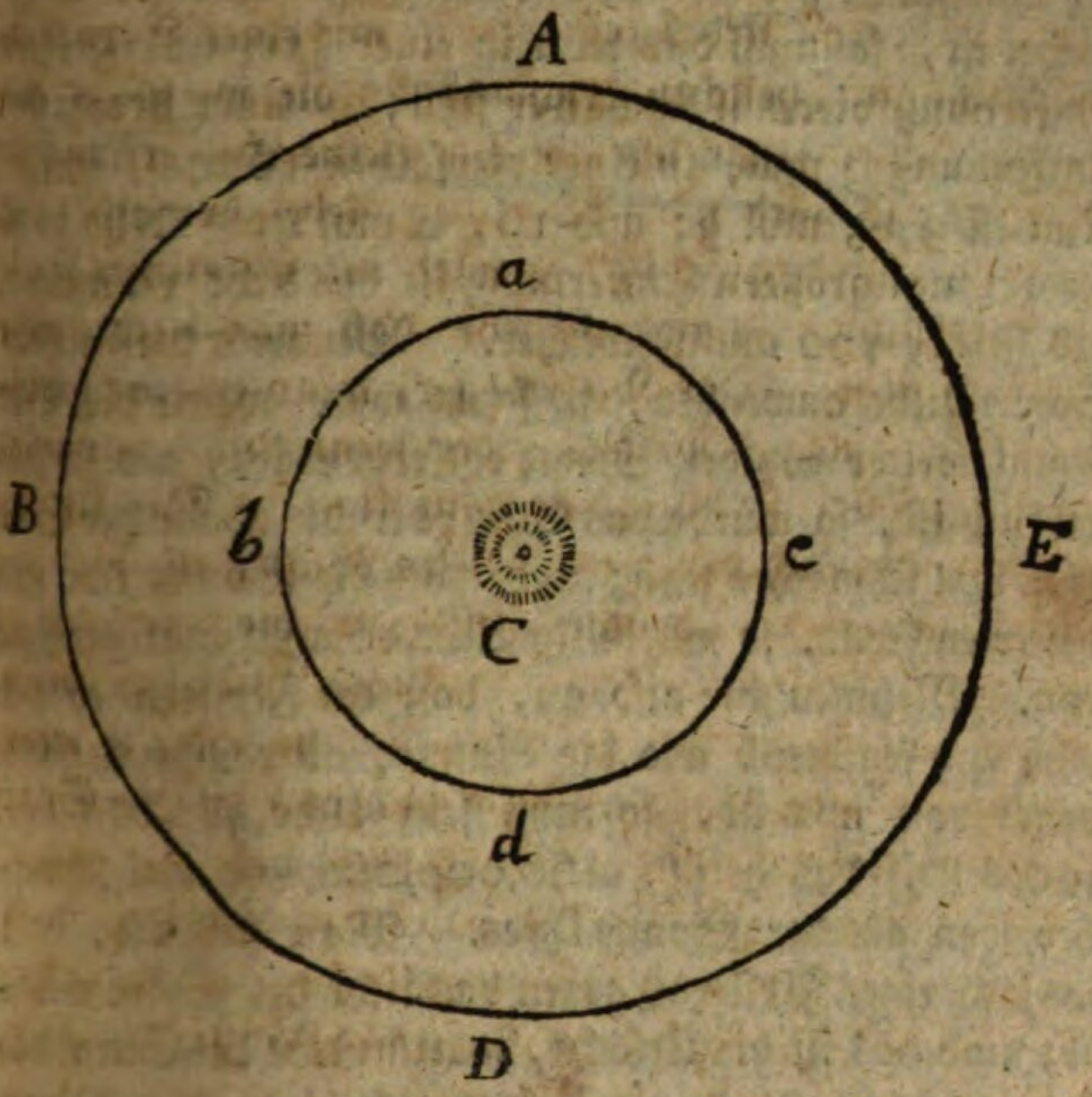
solchen Zwischenraume, eine so große Menge derselben zugleich in die Augen, daß sie ein ziemlich tiefes Blau in denselben abbilden. Wir sehen eine ähnliche Erscheinung bey einem Nebel, wo die Luft mit einer Menge undurchsichtiger Theilcheu beschwert ist, die weißlicht aussehen. Wenn man nur auf eine kleine Entfernung vor sich sieht, so wird man kaum den Nebel gewahr; aber wenn die Weite groß ist, so wird die weißlichte Farbe sehr merklich, und zwar so sehr, daß man nichts mehr hindurch sieht. Das Meerwasser, wenn es eine gewisse Tiefe hat, sieht grün aus; aber wenn man ein Glas damit anfüllt, so scheint es ganz klar. Die Ursache ist augenscheinlich dieselbe. Dieses Wasser ist mit einer Menge grünlicher Theilchen beschwert, die, wenn sie in geringer Anzahl sind, keine merkliche Wirkung hervor bringen; die aber in einem großen Raume, wie z. E. wenn man in die Tiefe sieht, wo viele solcher grünlichter Stralen sich vereinigen, eine dunkle Farbe geben.

den 27 Jul. 1760.

Drey und dreyßigster Brief.

So lange sich die durch die schnelle Schwingung der kleinsten Theile eines Körpers hervorgebrachten Lichtstralen in demselben durchsichtigen Mittel fortbewegen, so lange behalten sie einerley Richtung oder breiten sich nach allen Gegenden in geraden Linien aus. Man stellt sich gemeiniglich diese Stralen wie Radios eines Zirkels oder vielmehr einer Kugel vor, die von einem Mittelpunkte auslaufen, und sich gegen den Umkreis ausbreiten. Und dieser Aehnlichkeit wegen nennt man sie im Lateinischen mit eben dem Worte, radios, obgleich eigentlich das Licht nicht in Linien, sondern in sehr schnellen Schwingungen besteht, die sich nach geraden Linien fortpflanzen; und nur in so fern kann man das Licht wie gerade

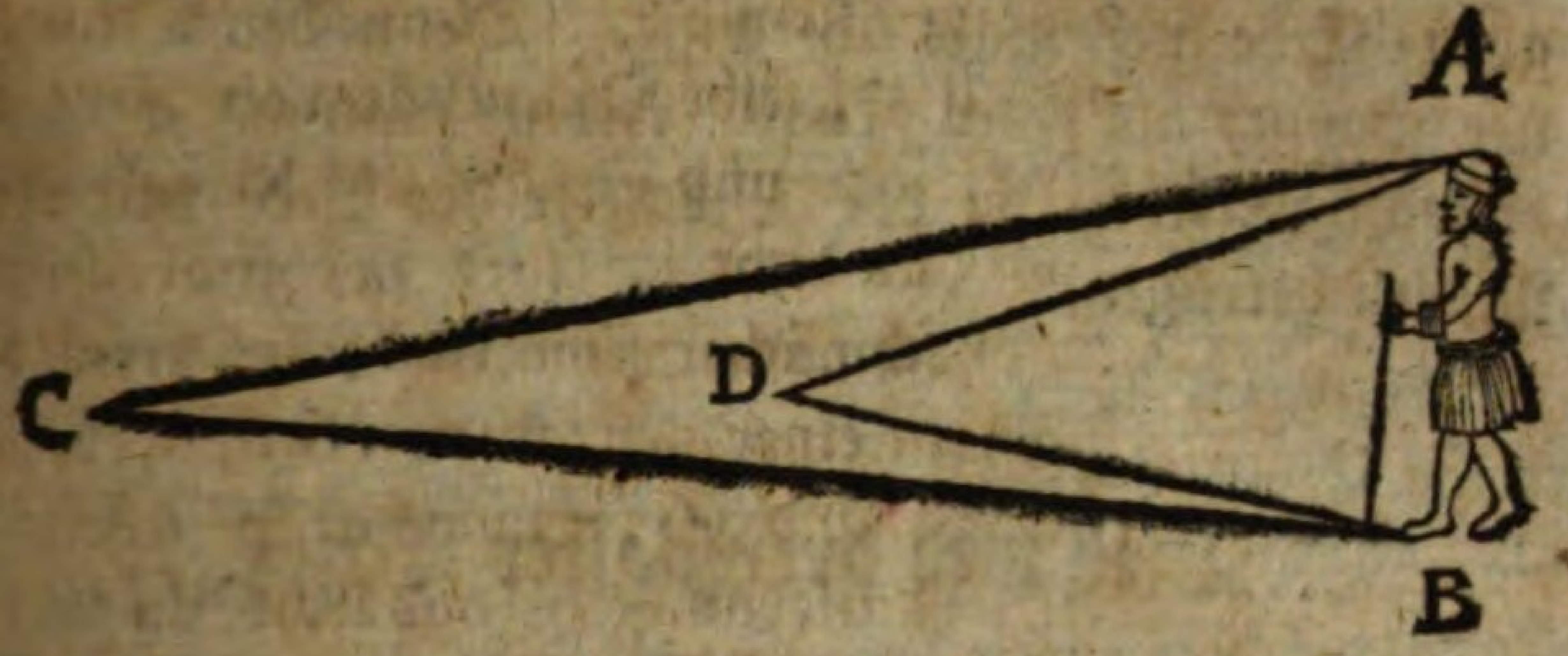
rade Linien ansehen, die von dem leuchtenden Punkte nach allen Gegenden auslaufen.



C sey ein leuchtender Punkt, der sein Licht nach allen Seiten verbreitet. Stellen sich Ew. H. jetzo zwey Kugeln vor, die um das Centrum C beschrieben worden sind, so wird das Licht, das sich durch die Oberfläche der kleinen Kugel a b d e ausbreitet, auch eben das seyn, was auf der Oberfläche der großen Kugel A B D E verbreitet ist. Natürlicher Weise muß also das Licht auf der Oberfläche der großen Kugel ABDE schwächer und mehr vertheilt seyn als auf der kleinen abde, woraus man begreift, daß das Licht um desto schwächer werden muß, je weiter es sich von dem leuchtenden Punkte entfernt. Wenn wir annehmen, daß der Halbmesser der großen Kugel doppelt so groß ist, wie der von der kleinen, so

wird die Oberfläche der großen 2 mal 2 oder 4 mal größer seyn. Weil also dieselbe Quantität von Lichte auf der Oberfläche der kleinen und der großen Kugel ausgebreitet ist, so muß das Licht in einer zweymal größern Entfernung viermal schwächer seyn; in einer dreyfachen Entfernung 9 mal, in einer vierfachen 16 mal, u. s. w. Nun ist 9, 3 mal 3; und 16, 4 mal 4. Also in einer 10 mal größern Entfernung ist das Licht 10 mal 10, das heißt, 100 mal schwächer. Wenn wir dieß auf das Sonnenlicht anwenden, so sehen wir, wenn die Erde 2 mal weiter von der Sonne entfernt wäre, als sie jetzo wirklich ist, so würde das Licht oder die Helle der Sonne 4 mal schwächer seyn; und wäre die Sonne 100 mal weiter entfernt, so würde ihr Licht 10,000 mal geringer seyn. Nehmen wir also an, daß ein Fixstern eben so groß und leuchtend wie die Sonne, aber 400,000 mal weiter von uns ist, so muß sein Licht 400,000 mal 400,000, das heißt, 160,000,000,000 mal schwächer seyn als der Sonne ihres. Man sieht also, daß das Licht eines Fixsterns gegen das Licht der Sonne nichts ist; und das ist die Ursache, warum wir die Sterne bey Tage nicht sehen, da ein kleines Licht immer vor einem ungleich größern verschwindet. Eben so ist es mit den Lichtern und allen hellen Körpern, die insgesamt um desto weniger helle machen, je weiter sie sind. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß, so stark auch ein Licht seyn mag, es doch, wenn man es sehr weit von sich entfernt, nicht mehr helle genug macht, um dabey lesen zu können. Ein anderer Umstand ist mit dem, wovon ich rede, genau verbunden; der nämlich: daß eben der Gegenstand uns kleiner scheint, je entfernter er ist. Ein Riese in einer großen Ferne, ist nicht größer als ein Zwerg in der Nähe. Davon gehörig zu urtheilen, muß man auf gewisse Winkel Achtung geben.

Wir



Wir wollen annehmen, AB sey ein Gegenstand, z. E. ein Mensch, und ein Auge betrachte ihn aus dem Punkte C. Man zieht von diesem Punkt die gerade Linie AC und BC, die die äußersten Stralen vorstellen, die von der Sache ins Auge kommen; so heißt der Winkel bey C, unter welchem die Sache aus dem Punkt C gesehen wird, der Sehewinkel. Sähe man dieselbe Sache näher aus D an, so würde der Sehewinkel D unstreitig größer seyn. Man sieht daraus, je entfernter der Gegenstand ist, desto kleiner ist der Sehewinkel, und je näher, desto größer. Die Astronomen messen die Sehewinkel, unter welchen uns die himmlischen Körper erscheinen, sehr genau; und finden, daß der Sehewinkel der Sonne wenig über einen halben Grad beträgt. Wäre die Sonne zweymal weiter, so würde der Sehewinkel doppelt so klein werden; und es wäre also kein Wunder, daß sie viermal weniger Licht gäbe. Und wenn die Sonne 400,000 mal entfernter wäre, so würde ihre Sehewinkel eben so viel mal kleiner werden, und also nicht größer scheinen als ein Stern. Man muß demnach die wahre Größe eines Gegenstandes sehr wohl von der scheinbaren Größe unterscheiden. Die scheinbare Größe ist der Sehewinkel, der ab- oder zunimmt, nach dem die Sache näher oder entfernter ist. So ist die scheinbare Größe der Sonne ein Winkel von ungefehr einem halben Grade, da hingegen ihre wahre Größe die

ganze Erde mehrmals übertrifft. Denn den Diameter der Sonne, als einer Kugel, rechnet man auf 172,000 deutsche Meilen, da der Diameter der Erde nur 1720 Meilen beträgt.

Den 29 Jul. 1760.

Vier und dreyßigster Brief.

Das, was ich die Ehre gehabt habe Ew. H. von den Erscheinungen des Sehens vorzutragen, gehört zur Wissenschafft der Optik, die ein Theil der Mathematik ist, nnd auch in der Physik eine beträchtliche Stelle einnimmt. Außer der Lehre von den Farben, deren Beschaffenheit ich zu erklären gesucht habe, handelt man noch darinn die Lehre vom Sehewinkel ab. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß einerley Sache bald unter einem größern, bald unter einem kleinern Sehewinkel erscheint, nach dem die Sache weit oder nahe ist. Ich setze noch hinzu, daß ein kleiner Gegenstand unter einerley Winkel mit einem großen gesehen werden kann, wenn der erste sehr nahe und der andere sehr entfernt ist. Man kann einen Teller so halten, daß er die ganze Sonne bedeckt; und ein Teller von einem halben Fuße bedeckt in einer Entfernung von 54 Füßen die Sonne genau, und wird unter eben dem Sehewinkel gesehen. Und doch was für ein ungeheurer Unterschied zwischen der Größe eines Tellers und der Größe der Sonne! Der Vollmond erscheint ungefähr unter eben dem Sehewinkel, und also beynahe so groß als die Sonne, ob gleich die Sonne weit größer ist als der Mond. Aber dagegen ist die Sonne auch 400 mal weiter entfernt als der Mond.

Der Sehewinkel ist ein desto wichtigerer Punkt in der Optik, da die Bilder, die sich von den Gegenständen auf den Boden des Auges abmalen, davon abhängen.

Je größer oder kleiner der Sehewinkel ist, desto größer oder kleiner ist auch das Bild im Auge. Nun sehen wir die Sache außer uns nur durch die Bilder, die sich von ihnen auf den Boden des Auges abmalen. Also machen diese Bilder den eigentlichen unmittelbaren Gegenstand des Sehens oder der Empfindung aus. Das Bild demnach, das auf dem Boden des Auges abgemalt ist, zeigt uns nur drey Sachen. Erstlich die Figur und die Farben des Bildes; und diese veranlassen uns zu dem Urtheil, daß es außer uns einen ähnlichen Gegenstand von eben der Figur und Farbe gebe: zum andern, die Größe des Bildes, welche einerley mit dem Sehewinkel ist, unter welchem der Gegenstand erscheint; und drittens, den Ort des Bildes auf dem Boden des Auges, und dieser zeigt uns die Gegend an, wo sich der Gegenstand außer uns befindet, ob zur Rechten oder zur Linken, oben oder unten; oder mit andern Worteu: wir erkennen daraus die Richtung, in der die Stralen in unser Auge gekommen sind. In diesen drey Stücken besteht das ganze Sehen; und wir empfinden eigentlich nichts als 1) die Figur mit den Farben; 2) den Sehewinkel oder die scheinbare Größe; 3) die Gegend oder der Ort, wo wir den Gegenstand in unsern Gedanken hinsetzen. Also giebt uns das Gesicht keinen Begriff, weder von der wahren Größe noch von der wahren Entfernung der Gegenstände. Ob man sich gleich oft einbildet, daß man die Größe und die Entfernung der Sache sähe, so ist das doch nicht so wohl Empfindung als Urtheil. Die übrigen Sinne und eine lange Erfahrung setzen uns in den Stand, zu beurtheilen, wie weit ein gewisser Gegenstand von uns entfernt ist. Aber dieses Vermögen erstreckt sich nur auf sehr nahe Gegenstände. So bald sie sehr entfernt sind, so hat das Urtheil nicht mehr statt. Und wagen wir alsdann eines, so irren wir uns gemeiniglich sehr handgreiflich. So kann niemand sagen, daß er die Größe

oder die Entfernung der Sonne sehe; und wenn der gemeine Mann sich einbildet, daß die Sonne so groß sey wie ein Teller, so ist das nicht ein Irthum des Gesichts, sondern seines Urtheils. Durch einen ähnlichen Irthum hält er die Entfernung des Mondes vielleicht für geringer, als die Weite von hier nach Charlottenburg. Daher ist es gewiß, daß die Augen oder das bloße Gesicht nichts über die Entfernung und Größe der Gegenstände entscheiden. Man führt zu dem Ende ein sehr merkwürdiges Beyspiel eines Blindgebohrnen an, dem man durch die Operation das Gesicht in einem schon ziemlich erwachsenen Alter wieder gab. Dieser Mensch war anfangs ganz geblendet; er konnte weder Größe noch Entfernung der Gegenstände unterscheiden; alle schienen ihm so nahe, daß er nach ihnen greifen wollte; er brauchte viel Zeit und Uebung dazu, ehe er zu dem rechten Gebrauch seines Gesichts gelangte; und er mußte lange ordentlich erst sehen lernen; gerade so wie wir alle es in unserer zartesten Kindheit auch lernen müssen, ob wir uns gleich dessen nicht mehr erinnern. Durch eine solche Uebung haben wir erfahren, daß eben derselbe Gegenstand uns klärer und deutlicher aussieht, wenn er uns näher ist; und daraus schließen wir nun auch zurück, daß ein Ding, wenn es uns sehr klar und deutlich scheint, uns nahe, und wenn es undeutlich und dunkel erscheint, entfernt ist. Diese Beobachtung wissen die Maler sehr gut zu nutzen, indem sie uns auf den Gemälden die Gegenstände, die wir für nahe halten sollen, sehr hell und deutlich; und die, welche wir für entfernt halten sollen, dunkel vorstellen, obgleich beyde gleichweit von uns entfernt sind. Es gelingt ihnen auch in der That vollkommen, und wir werden von einem schönen Gemälde so getäuscht, daß wir in ihm wirklich etwas Näherrs und etwas Entfernteres glauben. Dieser Betrug wäre nicht möglich, wenn uns das Gesicht

die

die wahre Größe und die wahre Entfernung des Gegenstandes entdeckte.

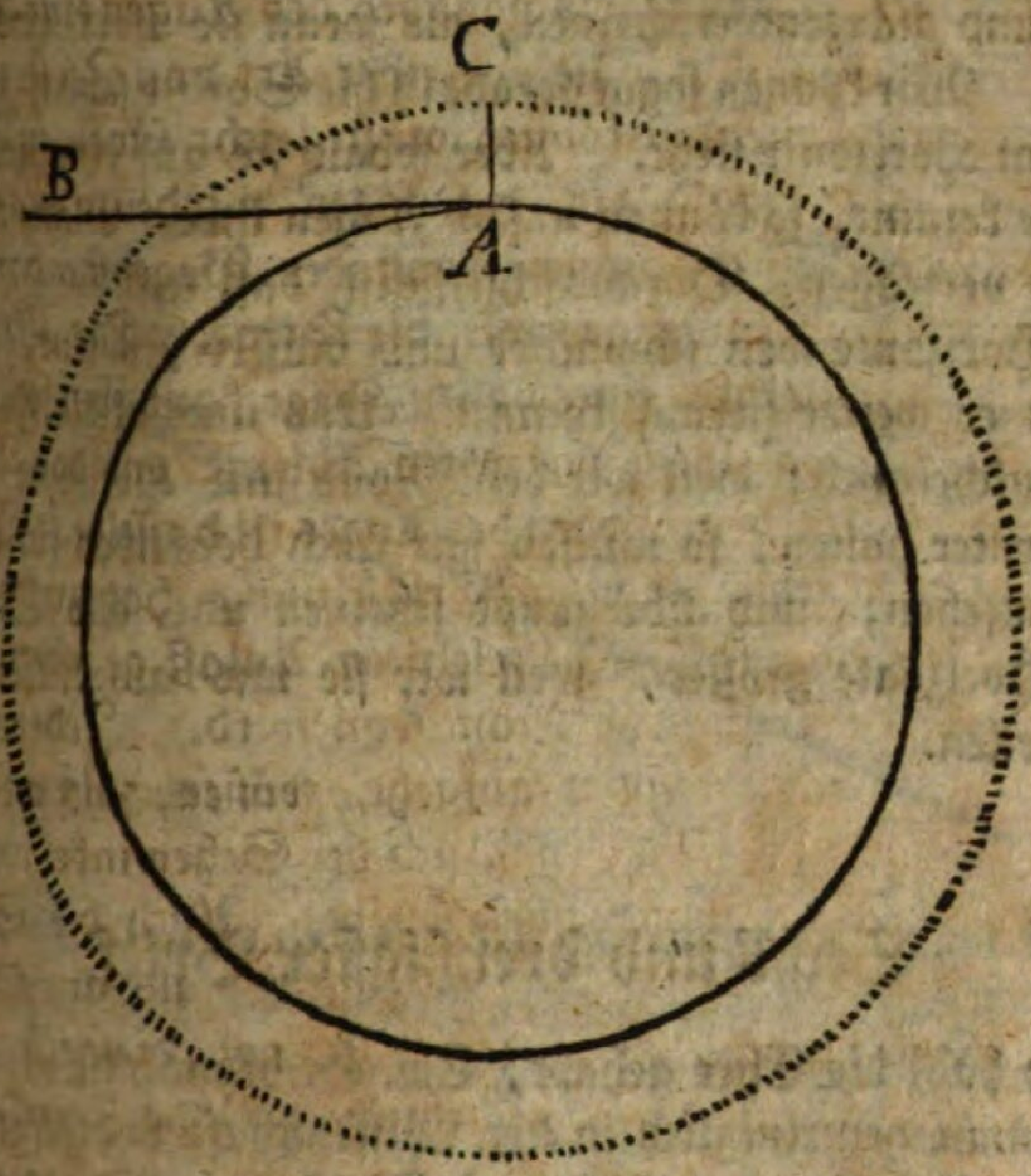
den 1 August 1760.

Fünf und dreyßigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß das Gesicht allein uns nichts von der wahren Größe und Gestalt der Körper lehrt; und daß alles, was wir uns einbilden, von der Größe und Entfernung durch das bloße Sehen zu wissen, in der That ein Urtheil ist, das wir erst fällen, nicht eine Empfindung, die wir schon haben. Man muß das, was uns eigentlich die Sinne vorstellen, von dem sorgfältig unterscheiden, was wir durch unser Urtheil hinzusetzen; und in diesem können wir oft irren. Viele Philosophen, die wider die Zuverläßigkeit der Sinne gestritten haben, und die Ungewißheit aller unserer Erkenntniß haben erweisen wollen, (welche Sekte man die Skeptiker oder die Pyrrhonisten heißt,) vermischen die eigentlichen Vorstellungen der Sinne mit unserm Urtheil. Sie sagen: Wir sehen die Sonne nicht größer als ein Becken, ob sie gleich unendlich größer ist: also betrügt uns der Sinn des Gesichts; also betrügen uns unsere Sinne, oder sind wenigstens unzuverläßig; also ist unsere ganze Erkenntniß, die wir vermittelst der Sinne bekommen, ungewiß und wahrscheinlicher Weise falsch; also wissen wir nichts gewisses. Dieß sind die Schlüsse der großen skeptischen Weltweisen, die sich so sehr ihres Verstandes rühmen, ob gleich in der That nichts leichter ist als zu sagen, daß alles ungewiß sey, und der unwissendste Mensch in dieser erhabenen Philosophie sehr glücklich fortkommen kann. Aber es ist falsch, daß das Gesicht uns die Sonne nicht größer als ein Becken vorstellte. Das Gesicht entscheidet hier schlechterdings nichts. Bloß das Urtheil, das wir darüber fällen, ist falsch. Unterdessen,

wenn die Gegenstände nicht zu weit von uns entfernt sind, so irren wir uns doch in diesem Urtheile nicht sehr; und sowohl die übrigen Sinne als der Grad der Klarheit, mit dem wir einen Gegenstand sehen, machen unser Urtheil über seine Größe und seine Entfernung ziemlich gewiß. Sobald wir aber in unserer Vorstellung die Entfernung eines Gegenstandes festgesetzt haben, sobald fällen wir auch das Urtheil über seine wahre Größe, weil wir wissen, daß die scheinbare Größe desto mehr zunimmt, je näher uns der Gegenstand ist. Und daher, für je entfernter wir einen Gegenstand halten, desto größer stellen wir ihn uns vor; je näher wir ihn glauben, desto kleiner. Wenn uns nahe bey den Augen eine Fliege vorbey fliegt, und wir sie aus einer Art von Zerstreuung für sehr weit halten, so können wir sie leicht für einen Adler ansehen; aber sobald wir, so zu sagen, wieder zu uns selbst kommen, und uns besinnen, daß der Gegenstand nahe bey uns war, so erkennen wir die Fliege. Der Grund ist: der Sehewinkel einer nahen Fliege kann eben so groß seyn als der von einem entfernten Adler; und das Bild von beyden auf dem Boden des Auges ist dasselbe. Noch eine andere sehr bekannte Erscheinung hat zu vielen Streitigkeiten unter den Gelehrten Anlaß gegeben, deren Erklärung uns jetzo leicht seyn wird. Jedermann sieht den Mond, wenn er aufgeht, größer, als wenn er hoch am Himmel steht, obgleich der Sehewinkel und die scheinbare Größe unverändert bleibt. Auch die Sonne scheint jederman beym Aufgehen größer als am Mittage. Was ist nun wohl der Grund von dieser so allgemeinen und so falschen Vorstellung? Ohne Zweifel dieser, daß man die Sonne und den Mond am Horizonte für weiter hält als wenn sie hoch oben stehen. Aber warum hält man sie für weiter? Man antwortet gemeiniglich: weil, wenn die Sonne und der Mond am Horizonte sind, wir zwischen uns und ihnen mehr Gegenstän-

zu sehen, welche uns die Entfernung zu vermehren scheinen; da wir hingegen, wenn die Sonne und der Mond hoch am Himmel stehen, zwischen ihnen und uns nichts sehen, und sie deswegen für näher halten. Ich weiß nicht, ob diese Auflösung Ew. H. befriedigen wird. Man kann einwenden, daß ein leeres Zimmer größer scheint als ein mit Hausrath angefülltes; daß also nicht allemal die Menge der Sachen, die man zwischen sich und einem Gegenstande sieht, die Wirkung hervorbringt, daß man diesen Gegenstand für entfernter hielte. Ich hoffe, Ew. H. werden der folgenden Erklärung mehr Beyfall geben.



Der Zirkel A stelle die ganze Erde vor, und der punktirte Zirkel den Dunstkreis oder die Luft, mit der die Erde umgeben ist. A sey der Ort, wo wir uns befinden. Das voraus gesetzt: so werden, wenn der Mond am Ho-

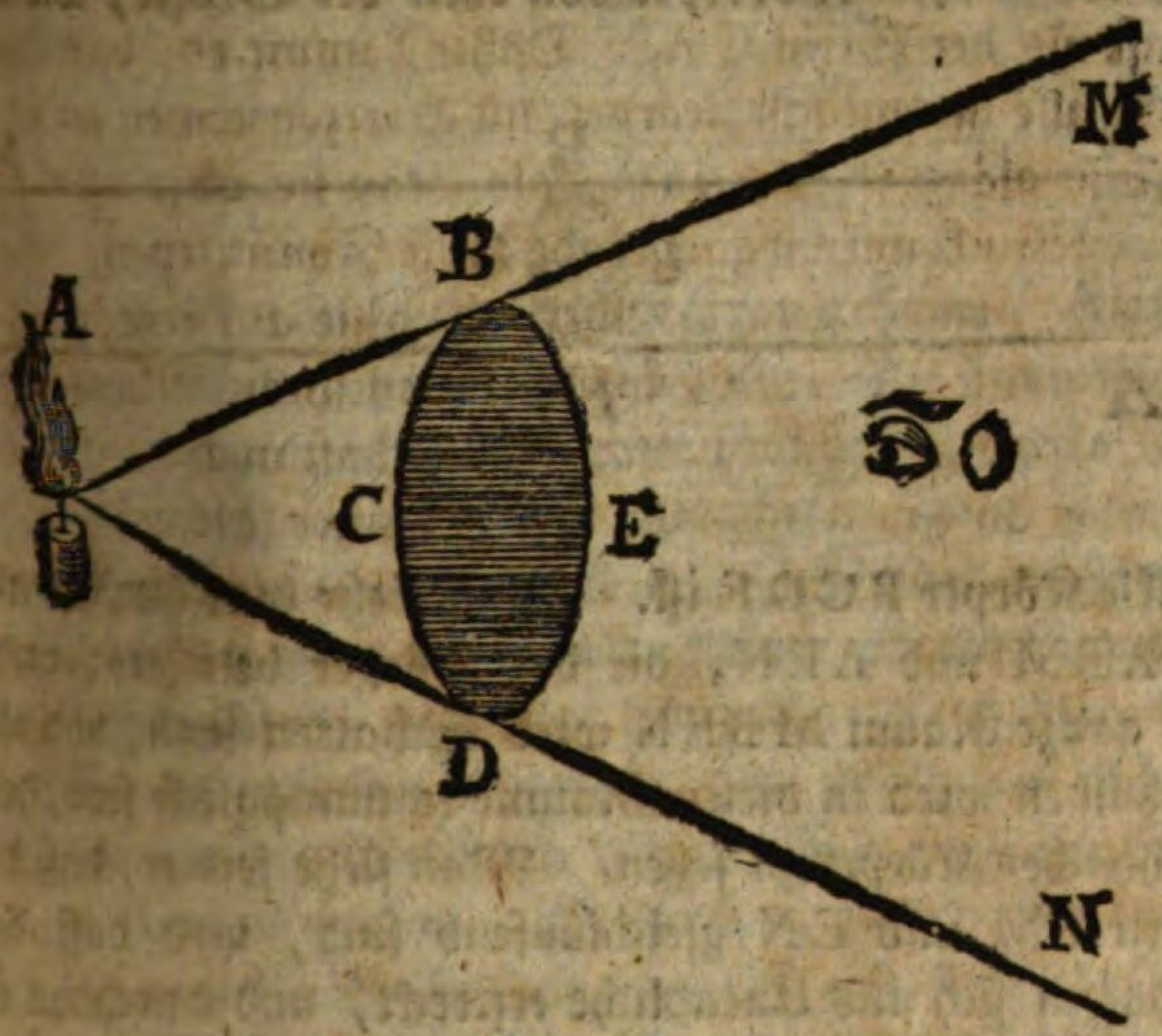
rizonte ist, die Stralen in der Linie B A zu uns kommen; wenn er aber über uns ist, so kommen sie in der Linie C A. Im ersten Fall gehen die Stralen in unserer Atmosphäre durch den großen Raum B A, und im andern durch den kleinen C A. Nun werden Ew. H. sich erinnern, daß die Lichtstralen, die durch eine durchsichtige Materie hindurch gehen, um desto mehr von ihrer Stärke verlieren, je länger der Weg ist. Da also die Atmosphäre oder die Luft eine solche durchsichtige Materie ist, so verliert der Stral B A in seinem Durchgange weit mehr von seiner Kraft als der Stral C A. Daher kommt es, daß überhaupt alle himmlische Körper am Horizonte weit weniger hell und glänzend erscheinen, als wenn sie über uns stehen. Wir können sogar gerade in die Sonne sehen, wenn sie am Horizonte steht. Aber sobald sie auf eine gewisse Höhe kommt, so können unsere Augen ihren Glanz nicht mehr vertragen. Daraus schließe ist, daß auch der Mond am Horizonte weit schwächer und blässer erscheint, als wenn er weiter herauf kommt. Und nun ist die Folge augenscheinlich: weil wir den Mond am Horizonte für entfernter halten, so müssen wir auch denselben für größer ansehen; und überhaupt scheinen uns alle Sterne am Horizonte größer, weil wir sie uns als entfernter vorstellen.

den 3 Aug. 1760.

Sechs und dreyßigster Brief.

Ich habe die Ehre gehabt, Ew. H. beynah alles, was man gemeiniglich in der Wissenschaft vorträgt, die die Optik heißt, zu erklären. Es ist nur noch ein einziges Stück vom Schatten übrig. Was der Schatten sey, das wissen Ew. H. zu gut, als daß ich nöthig hätte mich lange dabey aufzuhalten. Der Schatten setzt immer zwey Sachen zum voraus, einen leuchtenden Körper,

per, und einen dunkeln, der die Lichtstralen nicht durchläßt. Der dunkle Körper verhindert also, daß zu gewissen Oertern, die hinter ihm liegen, die Stralen des leuchtenden Körpers nicht kommen können. Dieser Raum also, wo die Stralen nicht hinkommen, ist das, was man den Schatten des dunkeln Körpers nennt. Mit andern Worten: der Schatten begreift den ganzen Raum in sich, wo man den leuchtenden Körper nicht sehen kann, weil ein dunkler Körper seine Stralen auffängt.

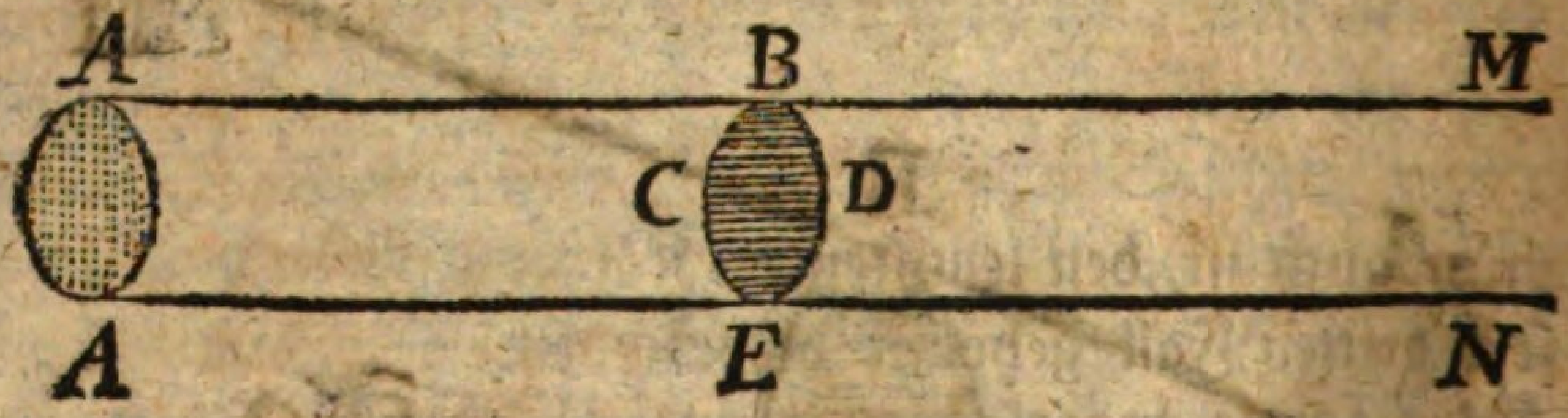


A sey ein Licht und BCDE ein undurchsichtiger Körper. Man ziehe die äußersten Stralen ABM und ADN, die den dunkeln Körper berühren, so ist klar, daß in den ganzen Raum MBEDN kein Stral von dem Lichte A kommen kann; und in was für einem Punkte dieses Raums, z. E. O, sich auch das Auge befindet, so wird es nirgends das Licht sehen. Dieser Raum macht eben den Schatten des dunkeln Körpers aus; und man sieht, daß dieser Raum sich immer mehr und mehr erweitert,

und

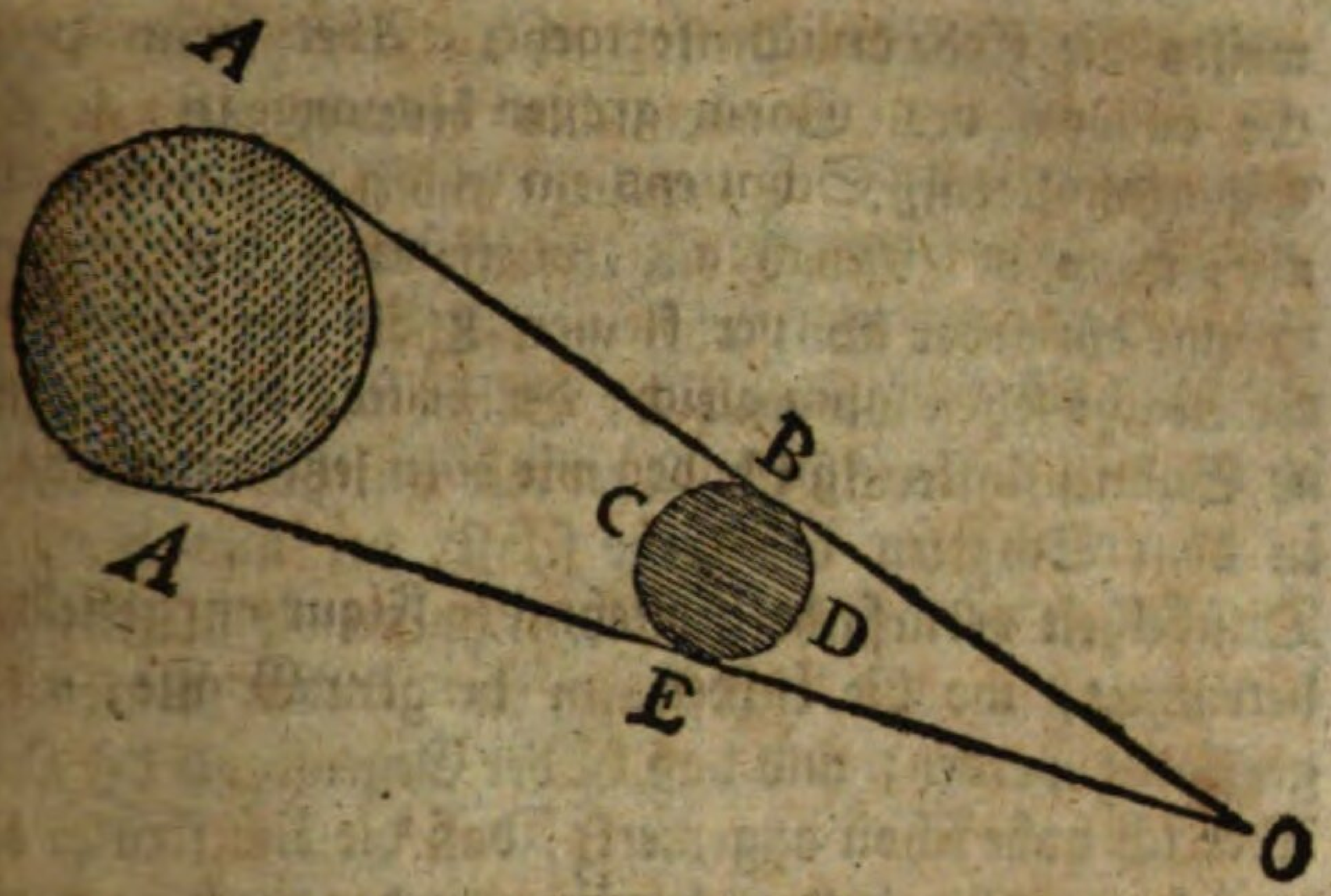
und bis ins Unendliche fortgeht. Aber wenn der helle Körper selbst von einem großen Umfange ist, so ist die Bestimmung des Schattens ein wenig verschieden. Drey Fälle giebt es, die man zu untersuchen hat: der erste, wenn der lichte Körper kleiner ist als der dunkle; der andere, wenn er ihm gleich; der dritte, wenn er größer ist. Den ersten Fall haben wir eben jetzt untersucht.

Der andere ist in beystehender Figur vorgestellt, wo AA der leuchtende Körper von eben der Größe, wie der



dunkle Körper BCDE ist. Man ziehe die letzten Stralen ABM und AEN, die der Körper berühren; und der ganze Raum MBEN wird Schatten seyn, und allenthalben wird in diesem Raume es unmöglich seyn, den leuchtenden Körper zu sehen. Man sieht ferner, daß die Linien BM und EN gleichlaufend sind, und daß der Schatten sich ins Unendliche erstreckt, und durchaus einerley Breite behält.

In dem dritten Fall, wo der leuchtende Körper AA größer ist als der dunkle BCED, laufen die letzten Stralen, die ABO und AEO berühren, in O zusammen, und der Raum der Schattens BOE ist eingeschränkt, da er sich in der Spitze O endigt. Eine solche Figur heißt ein Kegel; und man sagt, daß in dem Falle der Schatten kegelförmig ist. Nur dieser Raum ist es, in den kein Licht kommen kann, und von wo es unmög-



unmöglich ist, den leuchtenden Körper zu sehen. Zu diesem dritten Fall gehören die Schatten aller himmlischen Körper, die insgesammt kleiner sind als der helle Körper oder die Sonne, die sie erleuchtet. Auch hier finden wir Ursache die Weisheit des Schöpfers zu bewundern. Denn wäre die Sonne kleiner als die Planeten, so würde dieser ihr Schatten keine Grenzen haben, sondern ins Unendliche fortgehen; und ungeheure Räume würden also des Vortheils beraubt seyn, von der Sonne erleuchtet zu werden. Jetzo aber, da die Sonne alle Planeten an Größe so weit übertrifft, so sind die Räume sehr eingeschränkt, von welchen durch den Schatten der Planeten das Licht ausgeschlossen ist. Solche kegelförmige Schatten wirft die Erde und der Mond auch, und es kann zuweilen geschehen, daß der Mond sich ganz oder zum Theil in den Erdschatten verbirgt. Wenn das sich ereignet, so sagt man, der Mond sey ganz oder zum Theil verfinstert. Im ersten Fall nennt man es eine Total- im andern eine Partialfinsterniß. Ferner wirft der Mond auch einen Schatten, obgleich einen kleinern als die Erde; unterdessen kann dieser Schatten doch zuweilen

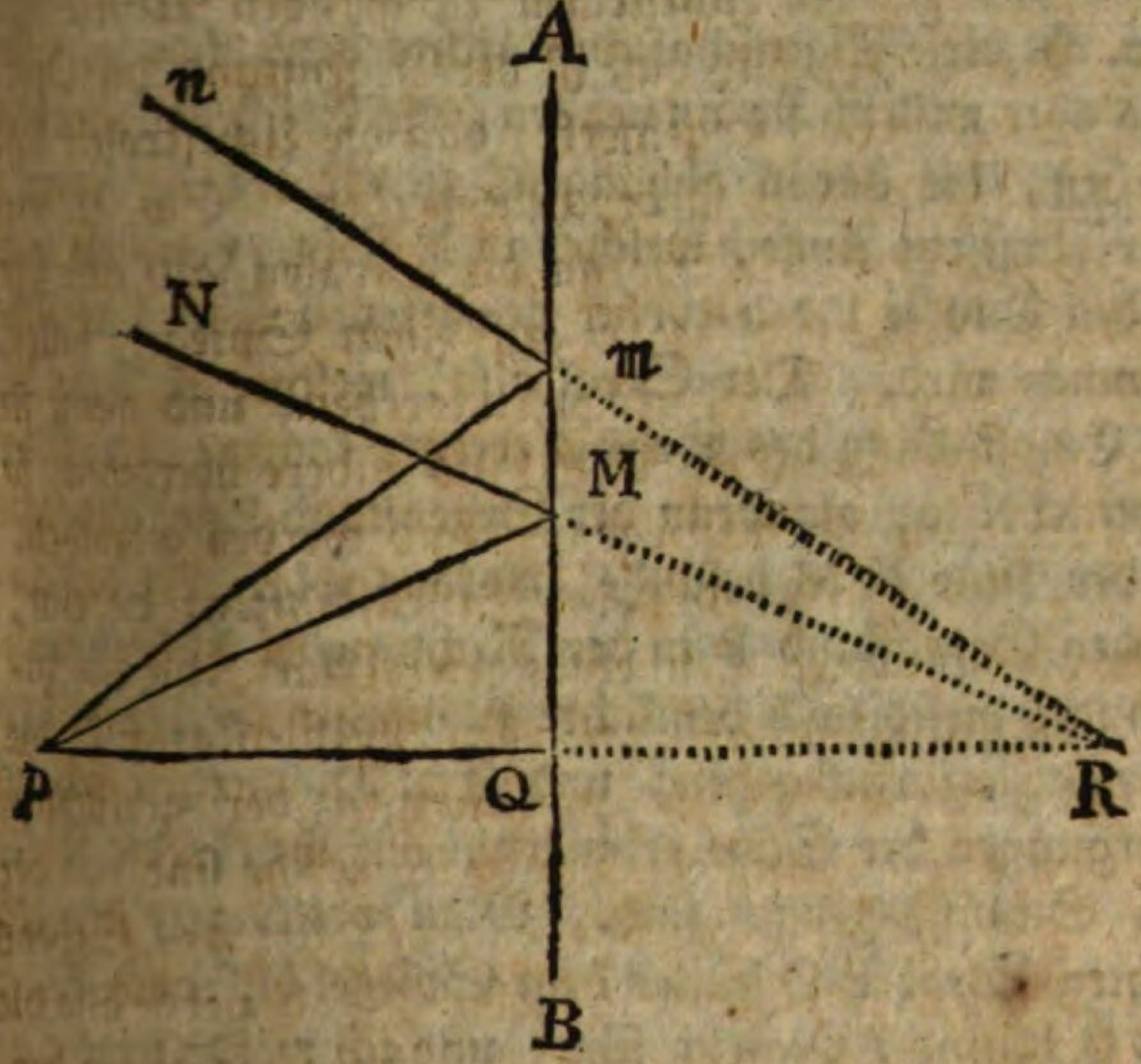
weilen die Erde erreichen; und alsdann haben die, welche dadurch des Sonnenlichts beraubt werden, eine Sonnenfinsterniß. Es entsteht also eine Sonnenfinsterniß, wenn der Mond die Ursache wird, daß wir die Sonne entweder ganz oder zum Theil nicht sehen. Bey der Nacht sehen wir auch die Sonne nicht, obgleich keine Sonnenfinsterniß ist. Aber wir befinden uns alsdann in dem Schatten der Erde selbst, der uns die größte Dunkelheit verursacht. Bisher haben wir bloß die Fälle betrachtet, wo die Lichtstralen in geraden Linien fortgepflanzt werden; und daß ist der Gegenstand der Optik. Aber ich habe schon angemerkt, daß die Lichtstralen bald zurück geworfen bald gebrochen werden. Ew. H. werden sich erinnern, daß, wenn die Stralen auf eine sehr glatte Oberfläche, wie z. E. auf einen Spiegel, fallen, sie von demselben zurück geworfen werden; und wenn sie aus einem durchsichtigen Mittel ins andere übergehen, so weichen sie von ihrem Wege ab, und werden gebrochen. Daraus entstehen zwey neue Wissenschaften: die eine, welche die sichtbaren Erscheinungen erklärt, die aus zurück geworfenen Stralen entstehen, heißt Katoprik; die andere, welche von den Escheinungen der gebrochnen Stralen handelt, heißt die Dioptrik; beyde sind von der Optik unterschieden, die nur von der Art des Sehens bey geradlinichten Stralen handelt. Ich werde also die Ehre haben, Ew. H. einen kurzen Auszug aus diesen beyden Wissenschaften, der Katoptrik und der Dioptrik, vorzulegen; weil sie zum Theil von Erscheinungen handeln, die alle Tage vorkommen, und von denen es nöthig ist, die Ursache und die wahre Beschaffenheit zu wissen. Alles was das Sehen angeht, ist ohne Zweifel ein Gegenstand, der unsere Aufmerksamkeit verdient.

den 5 Aug. 1760.

Sieben

Sieben und dreyßigster Brief.

Die Katoptrik handelt von der Art des Sehens, das durch zurück geworfene Stralen geschieht. Wenn die Stralen auf eine sehr glatte Oberfläche fallen, so werden sie von ihr so zurück geworfen, daß die Winkel auf beyden Seiten gleich sind.



Um das in sein völliges Licht zu setzen wollen wir annehmen: A B sey die Oberfläche eines ordentlichen Spiegels und P sey ein leuchtender Punkt, von dem die Stralen PQ, PM, Pm auf den Spiegel fallen. Unter allen diesen Stralen sey P Q der, welcher perpendikular auf den Spiegel fällt, und der unter allen übrigen allein die Eigenschaft hat, daß er in sich selbst zurück geworfen wird; eben so wie eine Kugel auf einem Billard, wenn

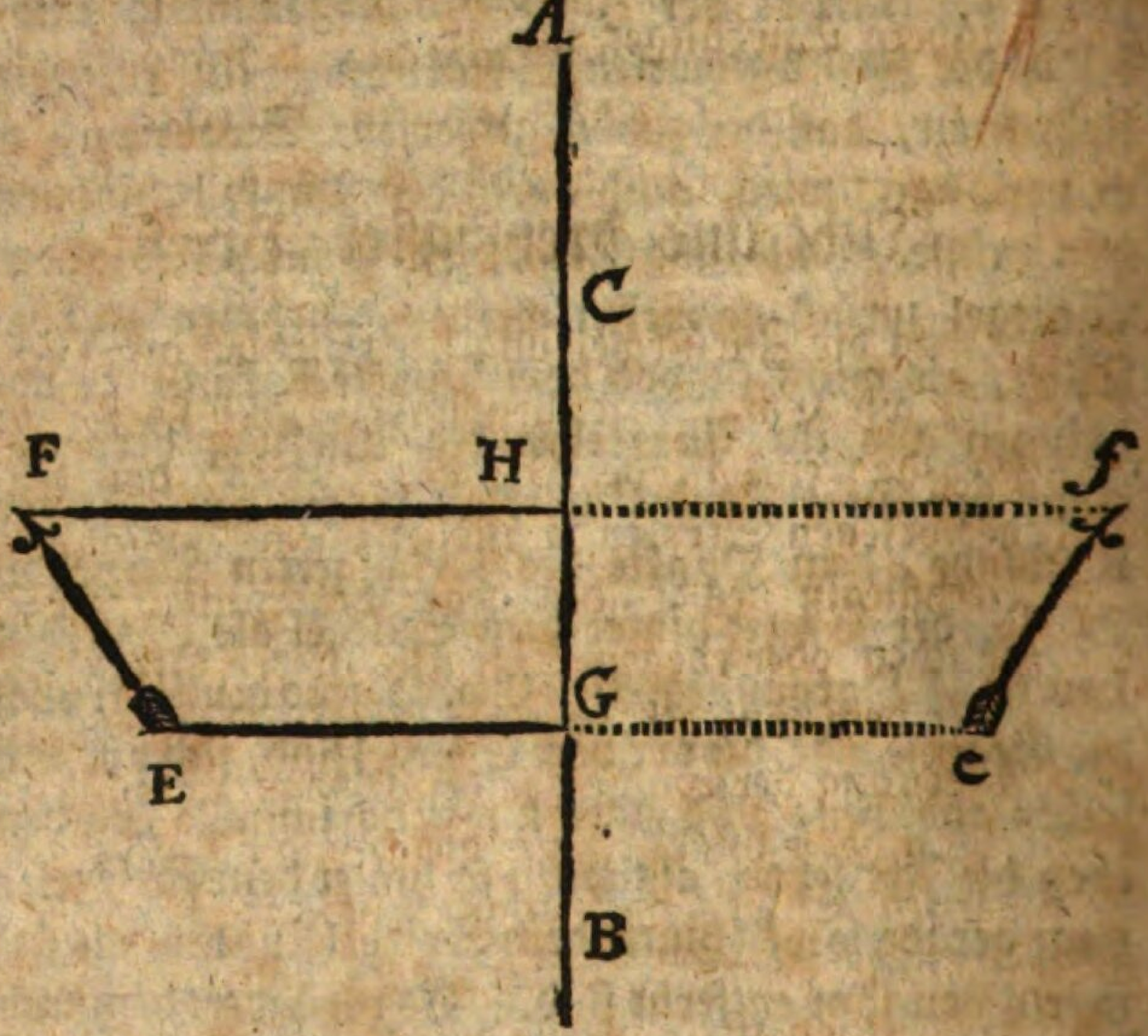
wenn man sie perpendikular gegen die Bande spielt, in eben demselben Wege zurückgetrieben wird. Jeder anderer Stral, wie P M, wird nach der Linie M N so zurückgeworfen, daß der Einfallswinkel B M P dem Zurückwerfungswinkel gleich ist. Auf eben die Art wird dem einfallenden Stral P m der zurück geworfene m n zugehören. Vermöge der Zurückwerfung also wird der Stral PM in der Linie MN, und Pm in mn fortgehen, so daß die Winkel AMN und BMP, und die Amn und BmP gleich sind. Ich habe schon die Ehre gehabt, Ew. H. diese Eigenschaft des Lichts bemerken zu lassen; jetzo aber will ich sie anwenden, die Erscheinungen beym Sehen, die davon abhängen, zu erklären. Zuerst ist klar, daß ein Auge, welches in N steht, von dem leuchtenden Punkte P den zurück geworfenen Stral M N bekommen wird. Der Stral also, welcher in demselben die Empfindung des Sehens erregt, kommt in der Direction MN so, als wenn der Gegenstand P sich irgendwo in der Linie N M befände, woraus folgt, daß das Auge den Gegenstand P in der Richtung N M sehen muß. Um uns dieses noch deutlicher zu machen, müssen wir zur Geometrie zurück gehen; und Ew. H. werden sich mit Vergnügen der Sätze erinnern, auf welche die folgenden Schlüsse gebaut sind. Man verlängere den lothrechten Stral P Q hinter dem Spiegel bis nach R, so, das Q R und P Q gleich seyn; und ich werde zeigen, daß alle zurück geworfene Stralen, MN und mn, wenn sie hinter dem Spiegel verlängert werden, in diesem Punkte zusammen kommen müssen. Denn wenn man die beyden Triangel PQM und RQM betrachtet, so haben sie erstlich die Seite M Q gemein; ferner die Seite QR ist der Seite P Q gleich; und endlich ist PQM ein rechter Winkel, nnd also sein Nebenwinkel R Q M auch ein rechter. Also da in diesen beyden Triangeln zwey Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel gleich sind, so sind sie

sie selbst gleich, und also auch der Winkel P M Q dem Winkel R M Q. Aber der Winkel A M N, da er der Vertikalwinkel von R M Q ist, ist ihm gleich; er wird also auch dem Winkel P M Q gleich seyn; und da das der Einfallswinkel ist, so wird, nach der Natur der Reflexion, A M N der Zurückprallungswinkel, und also M N der zurück geworfene Stral seyn. Auf eben die Art sieht man, daß der zurück geworfene Stral m n, wenn er verlängert wird, auch durch den Punkt R hindurch gehen müsse. Also, alle Stralen des Punkts P, die von dem Spiegel zurück geworfen werden, nehmen gerade den Weg, als wenn sie von dem Punkte R kämen; und sie bringen also im Auge eben die Wirkung hervor, als wenn der Gegenstand P wirklich hinter dem Spiegel in R stünde, dem Punkte des verlängerten Perpendikuls P Q R, der so weit hinter dem Spiegel als P vor demselben ist. Daraus begreifen Ew. H. jetzo deutlich, warum die Gegenstände, die vor dem Spiegel sind, sich hinter demselben abbilden; und warum wir darinn alle Sachen auf eben die Art sehen, als wenn sie hinter dem Spiegel, und zwar gerade so weit hinter dem Spiegel stünden, als sie vorwärts von ihm entfernt sind. Es verändert demnach der Spiegel nur den Ort, an welchem wir die Gegenstände sehen; an ihrem Anblick selbst verändert er nichts. Um diesen scheinbaren Gegenstand in dem Spiegel von dem wahren zu unterscheiden, nennt man den ersten das Bild; und man sagt, daß die von den zurück geworfenen Stralen formirten Bilder sich hinter dem Spiegel befinden. Diese Benennung dient dazu, die wahren Objecte von ihren Bildern, welche die Spiegel uns vorstellen, zu unterscheiden; und die Bilder, die wir in den Spiegeln sehen, sind vollkommen den Gegenständen gleich und ähnlich, ausgenommen, daß das, was in der Sache selbst linker Hand ist, in dem Bilde rechter Hand zu seyn scheint, und umgekehrt. Ein Mensch, der den Degen

 gen

gen an der linken Seite trägt, hat ihn im Spiegel an der rechten.

Durch das, was ich gesagt habe, ist es leicht, allemal das Bild eines jeden Gegenstandes hinter dem Spiegel zu



bestimmen. Denn wenn AB ein Spiegel und EF ein Gegenstand, z. E. ein Pfeil ist, so ziehe man von den Punkten E und F die Perpendikularlinie EG und FH auf die Oberfläche des Spiegels, und verlängere sie nach e und f, so daß EG = eG und FH = fH werde, und das Bild wird ef, und eben so groß als der Gegenstand EF seyn, weil das Viereck HGef dem Viereck HGEF durchaus gleich ist. Daraus sieht man zugleich: wenn man auch einen Theil von dem Spiegel wegnähme, so daß AC der Spiegel wäre, so würde doch das Bild ef dasselbe bleiben. Und also, wenn der Spiegel nicht so groß ist, daß die Perpendikularlinien EG und FH auf ihn selbst fallen können, so muß man sich vorstellen, die Fläche des Spiegels

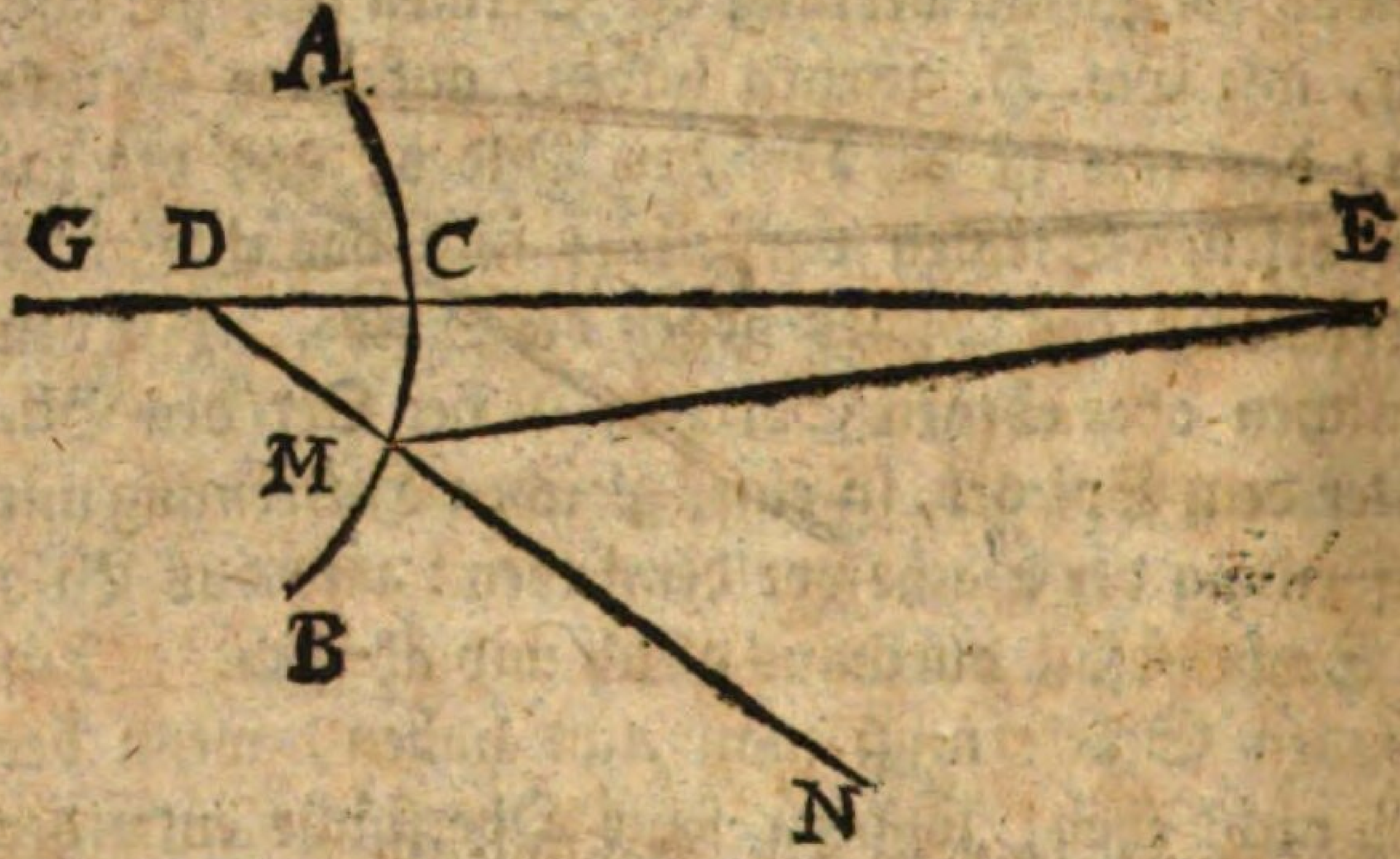
Spiegels werde verlängert, so wie man in der Geometrie linien verlängert, wenn man Perpendikul auf sie ziehen will. Alles aber was ich gesagt habe, geht nur die gewöhnlichen Spiegel an, deren Oberfläche vollkommen eben ist. Die erhabnen und die Hohlspiegel bringen ganz andere Wirkungen hervor.

den 7 Aug. 1760.

Acht und dreyßigster Brief.

Alles was die Zurückwerfung der Stralen angeht, läßt sich, wie Ew. H. gesehen haben, auf zwey Stücke bringen: das eine ist der Ort des Bildes, das die zurück geworfenen Stralen vorstellen; und das andere ist das Verhältniß des Bildes gegen die Sache. In den gewöhnlichen oder ebenen Spiegeln ist der Ort des Bildes hinter dem Spiegel, in einer gleichen Entfernung mit der Entfernung der Sache vor demselben: und das Bild ist der Sache selbst durchaus gleich und ähnlich. Auf diese beyden Stücke muß man Acht haben, wenn der Spiegel nicht eben, sondern seine Oberfläche entweder erhaben oder hohl ist. Denn alsdann ist das Bild gemeiniglich sehr verstellt. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß, wenn man in einen recht glatt geputzten Löffel, in seine innre hohle oder seine äußere erhabene Seite sieht, man darinn sein Bild, aber sehr verstellt, findet. Eine silberne gut polirte Kugel hingegen stellt die Gegenstände nicht sehr verstellt, aber kleiner, vor; die inwendige Fläche einer solchen Kugel, wenn sie gehörig polirt ist, zeigt die Gegenstände größer, wofern sie nicht zu weit von ihr entfernt sind. Denn eben diese Gegenstände können kleiner und umgekehrt in dem Spiegel erscheinen, wenn man sie weit vom Spiegel entfernt. Man braucht dazu nicht eine ganze Kugel zu nehmen; ein jedes Stück der Oberfläche thut eben die Wirkung. Solche Spiegel

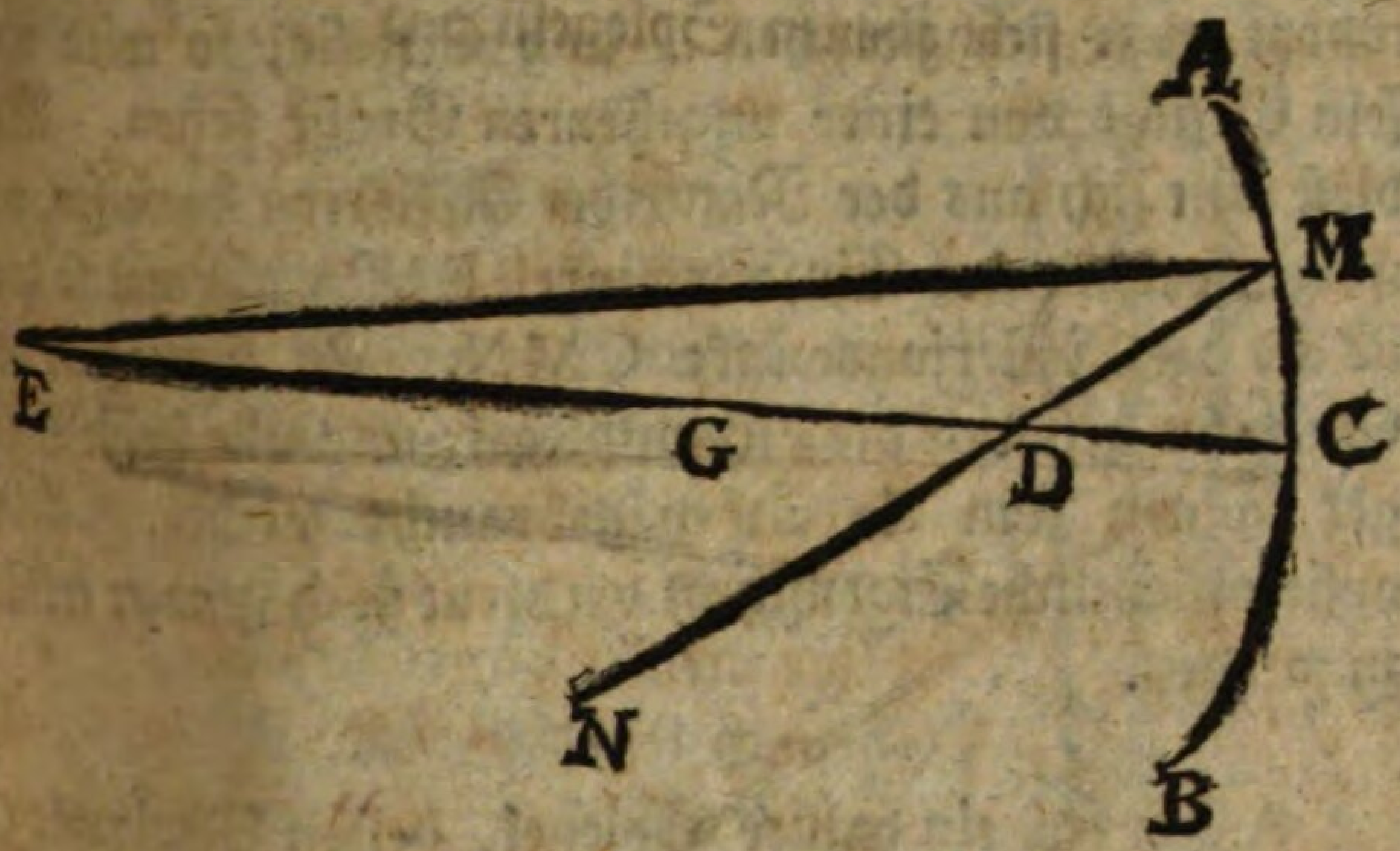
heißt man sphärische, und deren giebt es zwey Arten, hohle und erhabene, nach dem sie aus der innern oder äußern Oberfläche der Kugel genommen sind. Man macht diese Spiegel aus einer gewissen Mischung einiger Metalle, die sich gut poliren lassen; da hingegen die ebenen Spiegel aus einer Glastafel bestehen, die auf der einen Seite mit zubereitetem Quecksilber überzogen wird, um die Zurückwerfung der Stralen zu bewirken. Ich fange bey den erhabenen Spiegeln an.



ACB sey ein Spiegel, der aus einer Kugel genommen ist, deren Mittelpunkt in G ist. Wenn man vor diesen Spiegel in einer großen Entfernung einen Gegenstand in E stellt, so wird sein Bild hinter dem Spiegel in D erscheinen, welches in der Mitte des Halbmessers der Kugel CG ist; und dieses Bild wird um so vielmal kleiner seyn als der Gegenstand, um soviel die Linie CD kleiner ist als die Entfernung der Sache CE. Bringt man den Gegenstand dem Spiegel näher, so wird sich sein Bild auch nähern. Alles das erweist sich aus der Geometrie, voraus gesetzt, daß ein jeder einfallender Stral EM nach MN so zurück geworfen wird, daß der Winkel BMN dem Winkel CME gleich ist.

Wenn

Wenn demnach das Auge in N ist, und den zurück geworfenen Stral MN empfängt, so wird es den Gegenstand E, nach der Richtung NM, in den Spiegel in D sehen, oder D wird das Bild, aber ein kleinres Bild, des in E gelegenen Gegenstandes seyn. Es ist auch leicht zu sehen, daß, je kleiner die Kugel, von welcher der Spiegel genommen ist, um desto mehr auch das Bild verkleinert sey.



Ich komme jetzt zu den Hohlspiegeln, deren Gebrauch bey vielen Gelegenheiten sehr gemein ist. ABC sey ein Spiegel, der einen Theil einer Kugel macht, deren Mittelpunkt in G und deren Halbmesser GC ist. Nun stelle man sich in E einen von dem Spigel sehr entfernten Gegenstand vor, so wird sein Bild vor dem Spiegel in D, in der Mitte zwischen G und C erscheinen. Denn ein jeder Lichtstral EM, der von dem Gegenstande E auf den Spiegel in den Punkt M fällt, wird dergestalt zurück geworfen, daß er durch den Punkt D geht; und wenn das Auge in N steht, so wird es das Bild des Gegenstandes in D sehen; aber dieses Bild wir um so vielmal kleiner seyn als die Sache, um so viel die Entfernung DC kleiner ist als die Entfernung CE. Bringt man aber

den Gegenstand näher zum Spiegel, so wird sich das Bild entfernen; und wenn der Gegenstand im Mittelpunkte der Kugel G selbst steht, so wird sich das Bild auch in G befinden. Nähert man die Sache noch mehr bis nach D, so wird sich das Bild über E hinaus ins Unendliche entfernen. Aber ist der Gegenstand zwischen C und D, und also dem Spiegel noch näher, so wird das Bild hinter den Spiegel fallen, und größer scheinen als die Sache. Wenn man sich in einem solchen Spiegel ansieht, indem man sich zwischen D und C stellt, so wird man sein Gesicht von einer ungeheuren Größe sehen. Alles dieß läßt sich aus der Natur der Reflexion beweisen, vermöge welcher der Einfallswinkel EMA allemal so groß ist als der Reflexionswinkel CMN. Zu dieser Art von Spiegeln gehören die Brennspiegel; und alle hohle Spiegel können zum Anzünden gebraucht werden. Diese außerordentliche Eigenschaft verdient noch genauer erklärt zu werden.

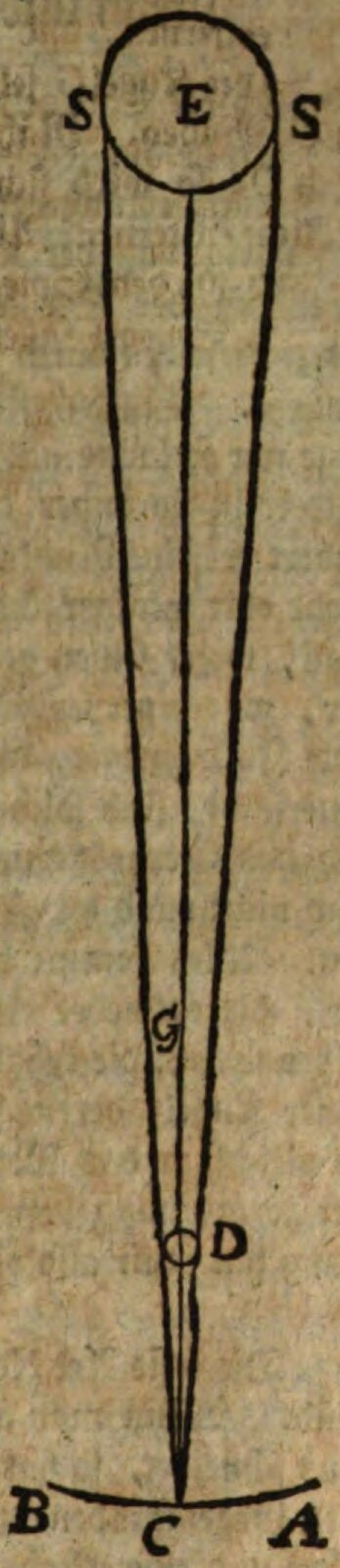
ACB sey ein hohler Spiegel, dessen Mittelpunkt G ist; und anstatt des Gegenstandes sey in E die Sonne; Ihre zurück geworfene Stralen werden also das Bild der Sonne in D vorstellen, welches die Mitte von CG ist. Die Größe dieses Bildes wird durch die äußersten Stralen SC, SC bestimmt seyn; und da alle Sonnenstralen, die auf den Spiegel ACB fallen, in dieses Bild zurück geworfen werden, so werden sie in demselben vereiniget seyn, und werden da um desto mehr Kraft haben, um je mehr das Bild D kleiner ist als die Oberfläche des Spiegels. Nun haben die Sonnenstralen außer der Kraft zu leuchten, auch die Kraft zu wärmen, woraus folgt, daß sich in D ein hoher Grad Wärme finden muß; und wenn der Spiegel groß genug ist, so kann diese Wärme stärker werden als das heftigste Feuer In der That verbrennt man durch diesen Spiegel alle

Arten

Arten von Holz in einem Augenblick; und man schmelzt sogar die Metalle. Alle diese erstaunlichen Wirkungen werden bloß durch das Bild der Sonne hervor gebracht. Man nennt gemeiniglich dieses Bild den Brennpunkt des Spiegels, der allemal in die Mitte zwischen dem Spiegel und dem Mittelpunkt G fällt.

Man muß die Brennspiegel von den Brenngläsern unterscheiden, die Ew. H. schon kennen, und von denen ich werde Gelegenheit haben, in meinem nächsten Briefe zu reden.

den 9 Aug. 1760.



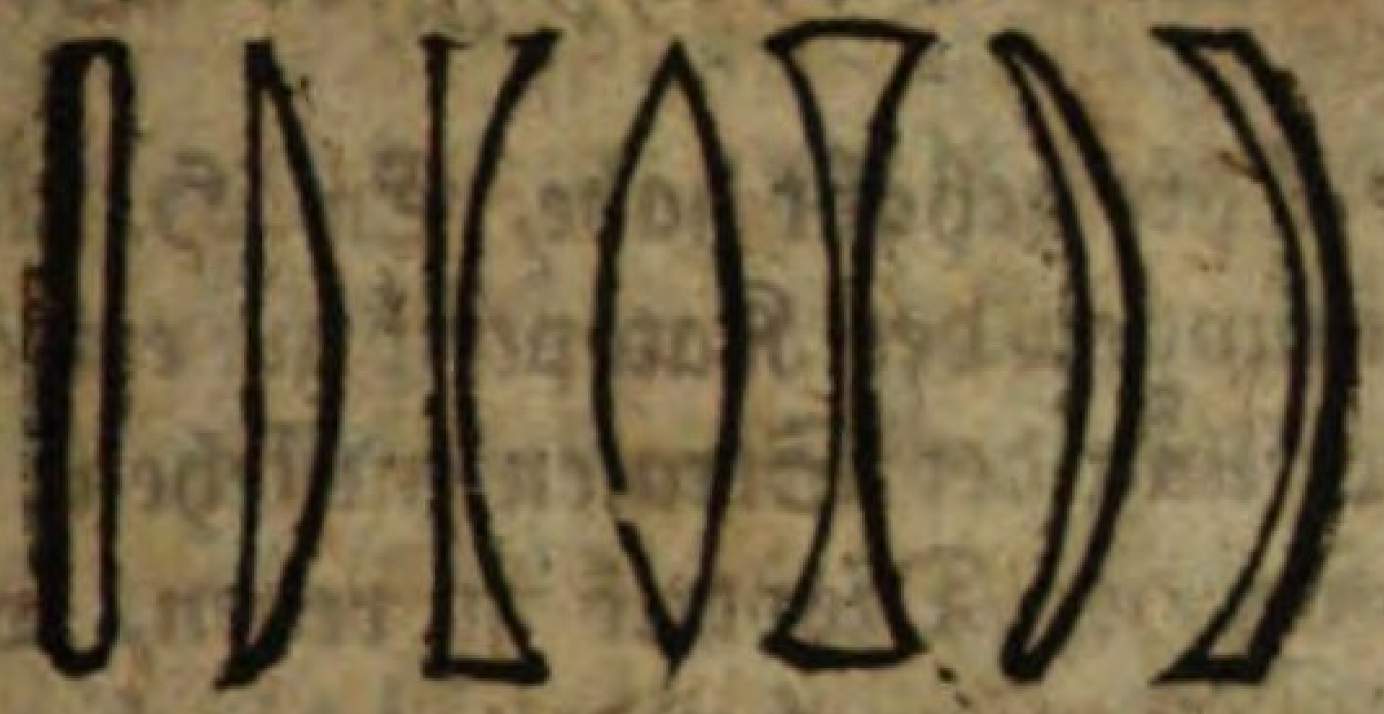
Neun und dreyßigster Brief.

Da ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. die vornehmsten Erscheinungen der Katoptrik zu erklären, die aus der Zurückwerfung der Stralen entstehen; so ist mir nur noch übrig von der Dioptrik zu reden, wo man von der Brechung der Stralen handelt, die bey dem Durchgange derselben durch verschiedene durchsichtige Materien vorgeht. Ein Lichtstral verfolgt seinen Weg in gerader Linie nur so lange als er in demselben Mittel bleibt. Sobald er in ein ander durchsichtiges Mittel übergeht, so ändert er seine Richtung mehr oder weniger, nach dem er mehr oder weniger schief auffällt. Es ist nur ein einziger Fall, wo er seinen geradlinichten Weg fortsetzt, das ist der, wo er perpendikular auf das andere Mittel fällt. Die Instrumente, die man vornehmlich in der Dioptrik untersucht, sind solche Gläser, die man in den Fernröhren und Vergrößerungsgläsern braucht. Diese Gläser sind nicht rund wie Zirkel, sondern sie haben zwey Seiten. Alles kommt auf die Figur dieser beyden Seiten an, die entweder eben, oder erhaben, oder hohl ist. Aber sowohl die erhabenen als hohlen Gläser sind Theile einer Kugel, deren Halbmesser man kennen muß, weil er gleichsam das Maas ist, dadurch man den Grad ihrer Krümmung bestimmen kann. Nach dieser Bemerkung hat man also viele Arten dioptrischer Gläser.

Die erste Art No. I. ist die, wo beyde Seiten eben sind. Wenn man aus einem Spiegel einen Krais heraus schneidet, so hat man ein solches Glas, das nichts in den Gegenständen ändert. Die zweyte Art No. II. hat eine ebne und eine erhabne Oberfläche; man nennt diese Gläser Plan-Convex-Gläser. Die dritte Gattung No. III. hat eine ebne und eine hohle Seite; man nennt sie Plan-

Con-

I. II. III. IV. V. VI. VII.



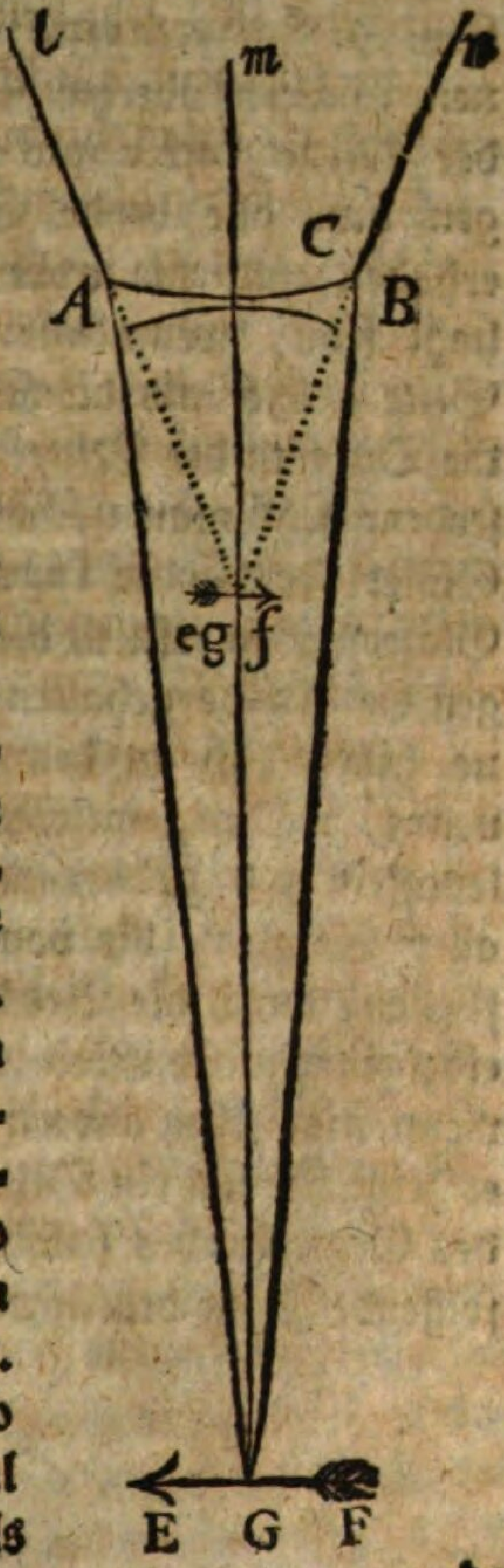
Concav-Gläser. Die vierte Art ist die No. IV. wo beyde Seiten erhaben sind, und die man Convex-Convex nennt. Die fünfte Art No. V. hat zwey hohle Seiten und heißt Concav-Concav. Die sechste und siebente Art No. VI. VII. haben eine erhabene und eine hohle Seite und heißen Meniskus. Alle diese Gläser lassen sich in zwey Klassen bringen, deren eine die enthält, die mehr erhaben als hohl sind, wie No. II. IV. VI. und die andere, die mehr hohl als erhaben sind, als No. III. V. VII. Jene heißt man schlechtweg erhabene, und diese Hohlgläser. Diese beyde Klassen unterscheiden sich durch die folgende Eigenschaft.

AB sey ein erhabnes Glas; vor demselben stehe in einer weiten Entfernung der Gegenstand E F, von welchem auf das Glas die Stralen GA, GC, GB fallen, die beym Hindurchgehen so gebrochen werden, daß die vom Punkte G ausgelaufenen Stralen sich hinter dem Glase in g vereinigen. Eben das wird allen übrigen Stralen widerfahren, die von jedem andern Punkte des Gegenstandes auslaufen. Durch diese Veränderung werden alle gebrochene Stralen Al, Bm, Cn, eben den Weg nehmen, als wenn der Gegenstand in egf verkehrt stünde, und so vielmal kleiner wäre, als die Entfernung vom Glase Cg kleiner ist als die Entfernung C G. Man sagt also, daß ein solches Glas den Gegenstand E F als hinter demselben in e f befindlich

vorstellt; und diese Vorstellung nennt man das Bild, das also verkehrt und so vielmal kleiner ist als die Sache selbst, so vielmal es dem Spiegel näher ist. Daraus ist klar, wenn die Sonne die Stelle des Gegenstandes einnimmt, so wird das in e f abgemalte Bild, das Bild der Sonne seyn; dieses wird, so klein es ist, sehr helle und blendend seyn: denn alle Stralen, die durch das Glas hindurch gehen, vereinigen sich in diesem Bilde, und äußern hier ihre zweyfache Kraft zu leuchten und zu wärmen. Die Wärme ist an dem Orte ungefähr so vielmal größer als die gewöhnliche Wärme der Sonne, um so viel die Oberfläche des Glases das Bild der Sonne, welches man seinen Brennpunkt nennt, an Größe übertrifft; und daher kann man, wenn das Glas sehr groß ist, durch die Heftigkeit dieser Hitze Wunder thun. Verbrennliche Materien, wenn man sie in den Brennpunkt eines solchen Glases legt, werden in einem Augenblicke verzehrt. Die Metalle werden in Fluß gebracht und sogar in Glas verwandelt; und mit einem Wort, man bringt durch diese Brenngläser weit größere Wirkungen als durch das heftigste Feuer, hervor. Die Ursache ist dieselbe wie bey den Brennspiegeln. In beyden werden die auf der ganzen Oberfläche des Spiegels oder des Glases vertheilte

Stralen

Stralen in den kleinen Raum des Bildes der Sonne zusammen gebracht. Der einzige Unterschied ist, daß in den Spiegeln diese Vereinigung durch die Zurückwerfung, und in den Gläsern durch die Brechung geschieht. Das ist die Wirkung der erhabnen Gläser, die in der Mitte dicker als am Rande sind, so wie ich sie No. II. IV. und VI. vorgestellt habe. Die Gläser aber von No. III. V. und VII. die an den Enden dicker sind als in der Mitte, die man schlechtweg Hohlgläser nennt, bringen eine ganz entgegenstehende Wirkung hervor.



Ein solches Glas sey ACB. Wenn man den Gegenstand EGF in eine große Entfernung vor das Glas setzt: so werden die Stralen GA, GC, GB, die von dem Punkte G auslaufen, durch das Glas in l, m, n, so gebrochen, als wenn sie von dem Punkte g kämen, und ein Auge, das hinter dem Glase steht, z. E. in m, wird den Gegenstand so sehen, als wenn er aufgerichtet in egf stünde, aber so vielmal kleiner, so viel die Entfernung CG die Entfernung Cg übertrifft. Also, wie sich in den erhabnen Gläsern das Bild der sehr entfernten Gegenstände hinter denselben und verkehrt abmalt, so zeigt es sich in den Hohlgläsern vor denselben und aufgerichtet. In beyden ist das Bild um so vielmal verkleinert, so vielmal es dem Glase näher ist als der

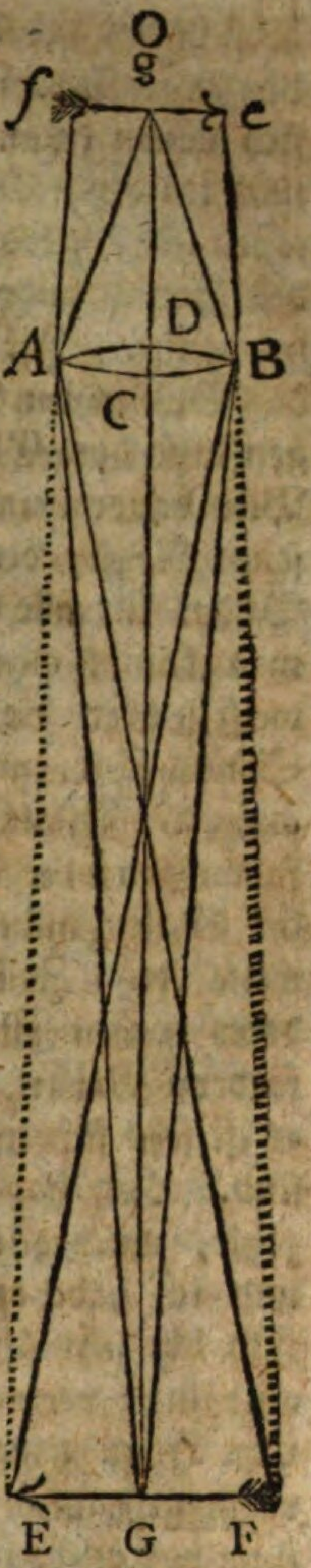
der Gegenstand selbst. Auf diese Eigenschaft der Gläser gründet sich die Construction der Vergrößerungsgläser und der Fernröhren.

Den 11 Aug. 1760.

Vierzigster Brief.

Die erhabnen Gläser geben mir noch zu einigen Bemerkungen Anlaß, welche ich die Ehre haben werde Ew. H. vorzutragen. Ich rede hier von den erhabnen Gläsern überhaupt, daß heißt, von allen die in der Mitte dicker als an den Enden sind, es mögen nun alle beyde Seiten erhaben; oder nur eine erhaben und die andere eben; oder gar die andere hohl seyn, wenn nur die Krümmung der erhabnen Seite größer als die Krümmung der hohlen, und also die Dicke in der Mitte größer als am Rande ist. Ausserdem setzt man noch voraus, daß die Flächen dieser Gläser kreis- oder kugelförmig geschliffen sind. Diese Gläser haben erstlich die Eigenschaft, daß, wenn sie gegen die Sonne gehalten werden, sie ein Bild der Sonne hinter sich an den Ort, den man den Brennpunkt nennt, werfen, welches Bild eine doppelte Kraft zu leuchten und zu brennen hat. Der Grund ist, weil aller Stralen, die von einem Punkte der Sonne ausfließen, durch die Brechung im Glase wieder in einem einzigen Punkte vereiniget werden. Eben das geschieht, wenn man jeden andern Gegenstand vor das Glas hält; es zeigt allemal ein Bild desselben, welches man anstatt des Gegenstandes selbst sieht. Alles das wird durch die folgende Figur deutlicher werden.

ABCD



ABCD sey ein erhabnes Glas, vor welchem sich ein Gegenstand EFG befindet, von dem es genug ist, drey Punkte zu betrachten. Die Stralen, die vom Punkte E auf das Glas fallen, sind in dem Raum EBA enthalten; und durch die Brechung werden sie alle in den Raum AeB gebracht, so daß sie sich in dem Punkte e vereinigen. Eben so erfüllen die Stralen, die vom Punkte G auf das Glas fallen, den Raum AGB, und werden durch die Brechung in den Raum AgB gebracht, wo sie sich in dem Punkte g vereinigen. Endlich werden die Stralen aus dem Punkte F, die auf das Glas innerhalb des Winkels AFB fallen, so gebrochen, daß sie sich in dem Punkte f vereinigen. Auf diese Art wird man das Bild efg hinter dem Glase und in einer umgekehrten Lage bekommen; und ein Auge, das hinter diesem Bilde, z. E. in O steht, bekommt von demselben eben den Eindruck als wenn der Gegenstand in egf verkehrt stünde, und so vielmal kleiner wäre, so vielmal die Entfernung Dg kleiner ist als die CG. Um den Ort des Bildes egf zu bestimmen, muß man sowohl auf die Beschaffenheit des Glases als die Entfernung des Gegenstandes Acht haben. Was das erste betrifft, so ist das Bild desto näher beym Glase, je erhabner das Glas ist, das heißt, je mehr die Dicke der Mitte CD die Dicke an dem Rande übertrifft. In

Absicht des andern muß man bemerken, daß, wenn man den Gegenstand EF dem Glase näher bringt, das Bild ef sich davon entferne; und umgekehrt ist das Bild am nächsten beym Glase, wenn der Gegenstand am entferntesten ist. Alsdann ist es in eben der Entfernung wie das Sonnenbild, welches man den Brennpunkt des Glases nennt. Ist also die Sache sehr weit entfernt, so fällt das Bild in den Brennpunkt, und je mehr man den Gegenstand dem Glase nähert, desto mehr entfernt sich das Bild davon: und das nach einer in der Dioptrik bewiesenen Regel, vermöge welcher man allemal den Ort des Bildes für alle Entfernungen des Gegenstandes bestimmen kann, wenn man nur den Brennpunkt des Glases weiß, oder die Entfernung, in welche das Bild der Sonne fällt, und wo sich die größte Kraft zu brennen äußert. Diese Entfernung aber läßt sich leicht durch Erfahrungen finden. Von daher nimmt man die Benennung der Gläser, indem man sagt, das Glas hat eine Brennweite von 1 Zoll; ein anderes von 1 Fuß, noch ein anderes von 10 Fuß, u. s. w. Die langen Fernröhren erfordern Gläser, die große Brennweiten haben; und es ist sehr schwer Gläser von der Art zu machen, die gut sind. Ich habe ehedem 150 Rthlr. für ein Glas bezahlt, welches eine Brennweite von 600 Fuß hatte; und ich habe es der Petersburger Akademie geschickt. Ich bin sehr überzeugt, daß es nicht viel getaugt hat; aber man verlangte es der Seltenheit wegen. Um Ew. H. zu zeigen, daß ein solches Bild egf (nach der vorhergehenden Figur) wirklich vorhanden ist, darf man nur an den Ort ein weiß Blatt Papier halten, dessen Theilchen aller Arten der Schwingungen, von denen die Farben herrühren, fähig sind. Es werden alsdann alle Stralen aus dem Punkte E des Gegenstandes, indem sie sich in dem Punkte e vereinigen, dieses Theilchen des Papiers in eine schwingende Bewegung setzen,

die

die derjenigen ähnlich ist, welche der Punkt E hat, und es wird sich also eben die Farbe darauf abbilden. Eben so werden die Punkte g und f einerley Farben haben mit den Punkten des Gegenstandes G und F, und in der That wird man auch auf dem Papiere alle Punkte des Gegenstandes mit ihren natürlichen Farben ausgedrückt sehen, welches das schönste und richtigste Gemälde des Gegenstandes geben wird. Dieses gelingt noch besser in einem verfinsterten Zimmer, wenn man das Glas in eine Oeffnung des Fensterladens setzt; alsdann wird man alle Gegenstände, die draussen vor dem Fenster sind, so genau abgemalt finden, daß man sie mit der Reißfeder nachziehen kann. Eines solchen Instruments bedienen sich die Maler, Landschaften und Aussichten zu zeichnen.

den 13 Aug. 1760.

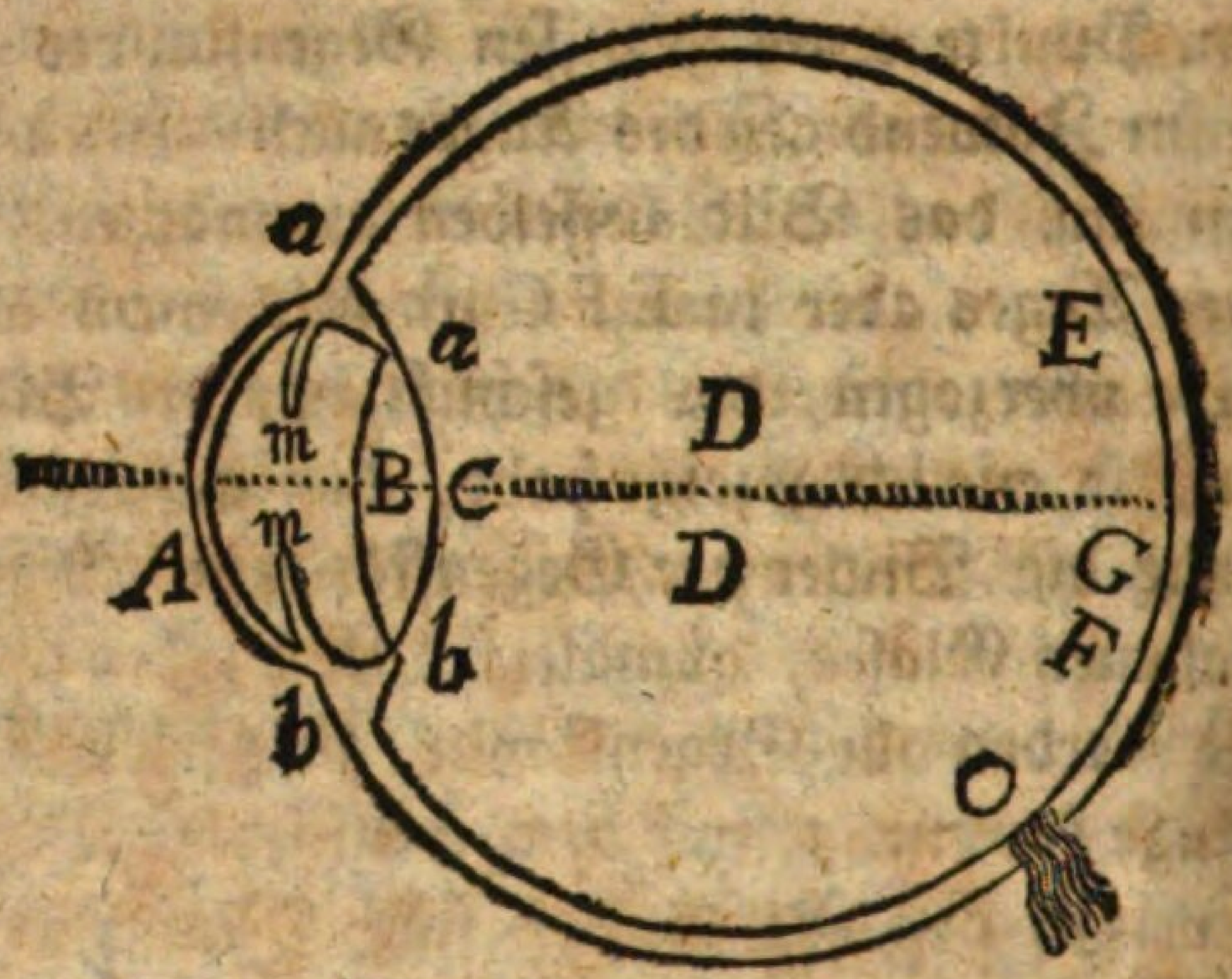
Ein und vierzigster Brief.

Jetzo bin ich im Stande, Ew. H. zu erklären, auf was für eine Art das Sehen in den Augen der Menschen und der Thiere vorgehe, welches ohne Zweifel die wunderbarste Sache ist, zu deren Erkenntniß der menschliche Verstand nur hat kommen können. Ob wir gleich noch bey weitem es nicht vollkommen kennen, so ist doch das wenige, was wir wissen, hinlänglich, uns von der Allmacht und der unendlichen Weisheit des Schöpfers zu überzeugen; und diese Wunder müssen uns zu der reinsten Anbetung des höchsten Wesens bewegen. Wir werden in dem Bau der Augen Vollkommenheiten gewahr, die der aufgeklärteste Verstand niemals ergründen kann; und der geschickteste Künstler kann keine Maschine von der Art verfertigen, die nicht in aller Absicht unendlich unter dem sey, was wir im Auge wahrnehmen; er mag noch so viel Fähigkeit, den Stoff nach seinen Gefallen zu bilden,

und

und den höchsten Grad von Scharfsinn und Ueberlegung haben, dessen ein Mensch nur fähig ist.

Ich werde mich hier bey der anatomischen Beschreibung des Auges nicht aufhalten; es wird zu meiner Absicht hinreichen, wenn ich bemerke, daß die vorderste



Haut a A b durchsichtig ist und die Hornhaut heißt; hinter ihr findet man inwendig eine andere Haut a m, b m, die kreisförmig und gefärbt ist, diese heißt die Traubenhaut. In ihrer Mitte ist eine runde Oeffnung m m, welche man den Stern nennt, und die schwarz zu seyn scheint. Hinter dieser Oeffnung ist ein Körper b B C a, der die Gestalt eines Brennglases hat, ganz durchsichtig und aus vielen zarten Häuten zusammen gesetzt ist, den man die Crystalllinse nennt. Hinter dem Crystall ist die Höhlung des Auges mit einer zähen aber vollkommen durchsichtigen Feuchtigkeit erfüllt, die die glasartige heißt. Die Höhlung vorne zwischen der Hornhaut a A b und dem Crystall a b, enthält eine flüßige Feuchtigkeit wie Wasser, die man deswegen die wässerichte nennt. Vier durchsichtige Materien sind es also, durch welche die Licht-

stralen,

stralen, die ins Auge kommen, hindurch müssen: 1) die Hornhaut; 2) die wässerichte Feuchtigkeit zwischen A und B; 3) der Crystall bBCa; und 4) die glasartige Feuchtigkeit. Diese vier Materien sind an Dichtigkeit unterschieden, und die Stralen, wenn sie von einer in die andere übergehen, leiden jedesmal eine besondere Brechung, und zwar in der Ordnung, daß die Stralen, die von einem Punkte eines gewissen Gegenstandes auslaufen, sich im Inwendigen des Auges auch in einem Punkte vereinigen und das Bild desselben ausmachen. Der Grund des Auges aber in EFG ist mit einem weißlichten Gewebe überzogen, das geschickt ist, die Bilder anzunehmen, so wie ich gezeigt habe, daß auf einem weissen Grunde die Bilder der Gegenstände sich vermittelst eines erhabenen Glases, abmalen. Nach eben den Principien also werden alle Gegenstände, von welchen Stralen ins Auge kommen, auf dem weißlichten Boden des Auges, welcher das Netz heißt, nach dem Leben abgebildet. Wenn man an einem Ochsenauge die äußern Theile, die das Netz bedecken, wegnimmt, so sieht man alle Gegenstände darauf so genau abgebildet, daß kein Maler sie so nachmalen könnte. Um einen Gegenstand zu sehen, muß allemal so ein Bild von ihm auf dem Boden des Auges, auf dem Netze, abgemalt seyn; und wenn durch einen unglücklichen Zufall einige Theile des Auges verdorben werden, oder ihre Durchsichtigkeit verlieren, so wird man blind. Aber auch das ist noch nicht zum Sehen genug, daß ihre Bilder sich auf dem Netzhäutchen abmalen; es giebt Leute, bey denen dieses geschieht, und die doch blind sind, woraus man erkennt, daß nicht die auf dem Netzhäutchen abgemalten Bilder der unmittelbare Gegenstand des Sehens sind, sondern daß die Empfindung anders wo geschieht. Das Netzhäutchen, mit dem die hinterste Wand des Auges überzogen ist, ist nichts anders als ein Gewebe von den feinsten nervichten

Fibern, die mit einem großen Nerven zusammen hängen, welcher aus dem Gehirne kommt, bey O ins Auge tritt und der Sehenerve heißt. Durch die Lichtstralen, die das Bild im Hintersten des Auges formiren, werden die kleinen Nerven des Netzhäutchens in Erschütterung gesetzt; diese Erschütterung pflanzt sich, vermittelst des optischen Nervens weiter ins Gehirne fort; uud hier ist ohne Zweifel der eigentliche Sitz der Empfindung. Aber der geschickteste Zergliederer ist nicht im Stande, die Nerven bis zu ihrem Ursprunge zu verfolgen, der für uns ewig ein Geheimniß bleiben wird, weil eben hierinn die Vereinigung der Seele mit dem Körper liegt; und diese Vereinigung, man mag sie betrachten von welcher Seite man will, wird immer für uns ein unergründliches Wunder der göttlichen Allmacht seyn. Wie sollten doch die starken Geister, die alles verwerfen, was ihr eingeschränkter Verstand nicht begreift, durch diese Betrachtung gerührt werden!

Den 15 Aug. 1760.

Zwey und vierzigster Brief.

Ich glaube, Ew. H. werden wünschen die Wunder noch genauer kennen zu lernen, die wir in dem Bau des Auges entdecken; und da finden wir gleich anfangs im Sterne einen sehr bewundernswürdigen Gegenstand. Der Stern ist diejenige dunkle Oeffnung in der Iris oder der Traubenhaut, durch welche die Stralen in das Inwendige des Auges kommen. Je größer die Oeffnung ist, desto mehr Stralen können ins Auge kommen und auf dem Netze das Bild, das man darauf abgemalt sieht, formiren: also wird dieses Bild desto heller seyn, je offner der Stern ist. Man darf nur die Augen eines Menschen genau betrachten, so wird man den Stern bald größer bald kleiner werden sehen. Man bemerkt durchgängig,

gängig, daß der Stern sich zusammenzieht, wenn man sich in einem sehr hellen Lichte befindet, und daß er hingegen sich wieder öffnet, wenn man in einen weniger erleuchteten Ort kommt. Diese Veränderung ist zur Vollkommenheit des Gesichts sehr nothwendig. Wenn wir in sehr hellem Lichte sind, so ist, da die Stralen stärker sind, eine kleinere Anzahl derselben hinlänglich, die Nerven unsers Netzhäutchens in Bewegung zu setzen, und der Stern ist also alsdann enger. Wäre er weiter geöffnet und ließe also eine größere Menge von Stralen hinein, so würde ihre Stärke die Nerveu zu sehr erschüttern, und also Schmerz verursachen. Das ist die Ursache, warum wir nicht in die Sonne sehen können, ohne geblendet zu werden, und ohne einen sehr merklichen Schmerz in dem Innersten des Auges zu empfinden. Wäre es uns möglich den Stern noch weiter zusammen zu ziehen, um nur eine noch geringere Anzahl von Stralen zuzulassen, so würden wir keine Beschwerde mehr fühler; aber dieses Zusammenziehen des Sterns hängt nicht von unserm Willen ab. Die Adler haben den Vorzug, daß sie gerade in die Sonne sehen können, aber man wird auch gewahr, daß ihr Stern sich alsdann so sehr zusammen zieht, daß er beynahe nur ein Punkt zu seyn scheint. So wie eine große Helle eine sehr kleine Eröffnung des Sterns erfodert: so muß er sich hingegen um desto mehr erweitern, je mehr daß Licht abnimmt; und im Finstern öffnet er sich so sehr, daß er beynahe den ganzen Raum der Iris einnimmt. Bliebe die Oeffnung eben so klein als im Hellen, so würden die schwachen Stralen, die alsdann ins Auge kommen, nicht im Stande seyn, die Nerven so weit in Bewegung zu setzen, als zum Hervorbringen der Empfindung nöthig ist. Von so schwachen Stralen gehört eine größere Menge dazn, um eine merkliche Wirkung im Auge zu thun. Wenn es uns möglich wäre den Stern noch weiter zu öffnen, so wür-

den wir auch in einer ziemlich großen Finsterniß sehen können. Man führt bey dieser Gelegenheit das Beyspiel eines Menschen an, dem nach einem Schlage, den er ins Auge bekommen hatte, der Stern dergestalt erweitert wurde, daß er in der größten Dunkelheit lesen und schreiben konnte. Die Katzen und verschiedene andere Thiere, die ihre Züge im Finstern thun, haben die Fähigkeit, ihren Stern viel mehr zu erweitern als die Menschen. Und die Nachteulen haben ihren Stern beständig so sehr eröffnet, daß sie auch ein mäßiges Licht nicht ertragen können. Daß aber der Stern des Menschen sich erweitert und zusammen zieht, das ist keine Handlung seines Willens; und der Mensch ist nicht Herr darüber seinen Stern zu öffnen und zu verengern wenn er will; sondern sobald er sich in einem sehr erleuchteten Orte befindet, so zieht sich der Stern von selbst zusammen; und kommt er wieder in einen weniger hellen oder dunkeln Ort, so erweitert er sich. Diese Veränderung geschieht nicht in einem Augenblicke. Es gehören etliche Minuten Zeit dazu, ehe sich der Stral nach den Umständen und dem Orte, worinnen er ist, verändert. So werden Ew. H. gemerkt haben, daß, wenn Sie aus einem großen hellen Lichte auf einmal in einen finstern Ort, wie z. E. das Schauspielhaus, gekommen sind, Sie anfangs die Personen, die da waren, nicht haben erkennen können. Der Stern war noch zu enge, als daß die wenigen schwachen Stralen, die er zuließ, im Stande gewesen wären, einen merklicher Eindruck zu machen. Aber nach und nach erweiterte sich der Stern, um mehr Stralen zu fassen. Das Gegentheil geschieht, wenn man aus einem finstern Orte auf einmal in ein großes Licht kommt. Der Stern, der alsdenn noch zu sehr eröffnet ist, macht, daß das Netzhäutchen zu stark gerührt wird; und man ist alsdann ganz geblendet und genöthigt die Augen zuzumachen. Das ist also ein sehr

merk-

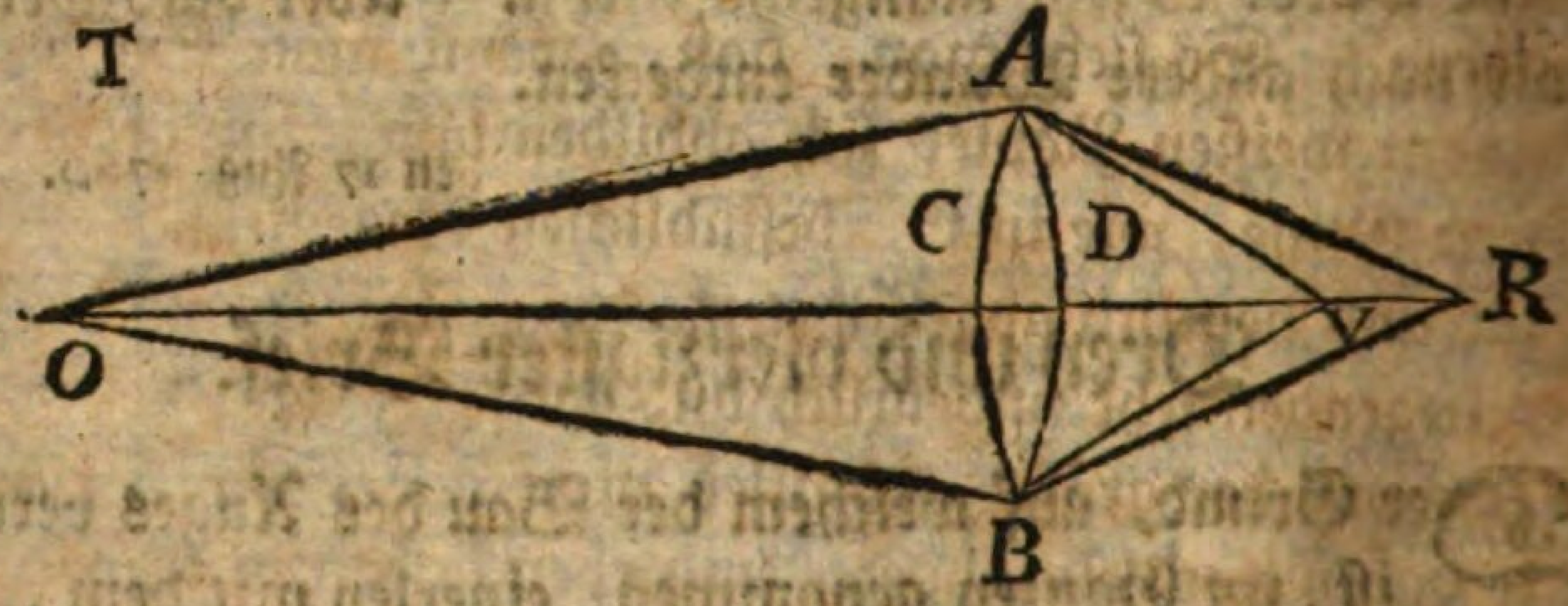
merkwürdiger Umstand, daß der Stern sich nach den Bedürfnißen des Sehens verengert und erweitert; und daß diese Veränderung von selbst vorgeht, ohne daß unser Wille den geringsten Antheil daran habe. Die Philosophen, die den Bau und die Verrichtungen des menschlichen Körpers untersuchen, sind noch sehr über die Ursache dieser Veränderung getheilt; und es ist wenig Anschein, daß man jemals die wahre finden wird. Unterdessen ist diese Fähigkeit des Sterns, sich zu verändern, ein sehr nothwendiges Stück zum Sehen, und ohne dasselbe würde es sehr mangelhaft seyn. Aber bald werden wir noch andere Wunder entdecken.

den 17 Aug. 1760.

Drey und vierzigster Brief.

Der Grund, auf welchem der Bau des Auges beruht, ist, im Ganzen genommen, einerley mit dem, aus dem ich die Abbildung der Gegenstände auf einem weißen Papiere, durch ein erhabnes Glas, hergeleitet habe. In beyden kommt es darauf an, daß alle Stralen, die von einem Punkte des Gegenstandes auslaufen, wieder durch die Brechung in einem einzigen Punkte sich vereinigen. Diese Brechung mag im übrigen durch ein einziges Glas oder durch mehrere durchsichtige Materien geschehen. Daraus ließe sich sogar vermuthen, daß eine einfachere Einrichtung des Auges, wenn dazu eine einzige durchsichtige Materie wäre genommen worden, eben die Dienste gethan hätte; und das würde ein starker Grund gegen die Weisheit des Schöpfers seyn, der gewiß in seinen Werken den kürzesten Weg gewählt, und die einfachsten schicklichsten Mittel angewendet hat. Es hat starke Geister gegeben, und noch giebt es ihrer, die sich einbilden, wenn Gott bey der Schöpfung sie zu Rathe gezogen hätte, so würden sie ihm viele Verbesserungen haben angeben

ben können, und die Sachen würden weit vollkommner geworden seyn. So glauben sie auch in diesem Falle, daß sie einen weit einfachern und schicklichern Plan zum Baue des Auges hätten erfinden können. Ich will dieses Auge, so wie es die starken Geister machen würden, untersuchen; und aus dieser Untersuchung werden Ew. H. klar sehen, daß dieses Werk sehr mangelhaft und ganz unwürdig seyn würde, mit den Werken des Schöpfers in Vergleichung gesetzt zu werden.



Das Auge der starken Geister also würde nur ein einziges erhabnes Glas ABCD haben, von dem ich angemerkt habe, daß es die Stralen, die von einem Punkte des Gegenstandes kommen, wieder in einen Punkt vereiniget. Aber das ist nur ungefähr richtig. Die kreisförmige Gestalt, die man den Flächen eines solchen Glases giebt, haben immer den Fehler, daß die Stralen, die auf die äußersten Ränder des Glases fallen, sich nicht in eben demselben Punkte mit denen, die durch die Mitte des Glases hindurch gehen, vereinigen. Es ist immer ein kleiner Abstand, der zwar bey den Versuchen, wo man das Bild mit einem weißen Papiere auffängt, wenig merklich ist, der aber, wenn er im Auge selbst vorhanden wäre, das Sehen sehr unordentlich machen würde. Nun sagen diese Leute zwar: man könne anstatt der kreisförmigen eine andere Figur zu den Flächen des Glases finden, welche die Eigenschaft hätte, daß sie alle

alle vom Punkte O auslaufende Stralen, sie möchten durch die äußersten Theile oder durch die Mitte des Glases gehen, wieder in einem Punkte R vereinigten. Ich gebe zu, daß das möglich sey; aber wenn auch das Glas diese Eigenschaft in Absicht des Punktes O hätte, der sich in einer gewissen Entfernung vom Glase, CO, befindet, so würde es dieselbe doch nicht mehr für die vom Glase mehr oder weniger entfernten Punkte haben. Und wenn auch das möglich wäre, welches es doch nicht ist, so würde es doch wenigstens diese Eigenschaft, in Absicht der auf der Seite wie in T liegenden Gegenstände verlieren. So sieht man, daß, wenn man Sachen auf einem weißen Papier sich abbilden läßt, die gerade vor dem Glase, wie in O, befindlichen Gegenstände ziemlich gut und deutlich abgebildet werden; aber die auf der Seite liegenden sehr undeutlich und entstellt; und diesem Fehler kann der größte Künstler nicht abhelfen. Aber es ist dabey noch ein anderer und eben so beträchtlicher Fehler. Da ich von den Stralen der verschiedenen Farben sprach, so bemerkte ich, daß, wenn die Stralen aus einem durchsichtigen Mittel ins andere übergehen, sie eine verschiedene Brechung leiden; und daß die rothen Stralen am wenigsten und die violetten am meisten gebrochen werden. Wenn also der Punkt O roth wäre, und seine Stralen durch das Glas AB in den Punkt R zusammengebracht würden, so würde das der Ort für die rothen Stralen seyn. Aber das wäre alsdann nicht der Ort für die Vereinigung der violetten Stralen, wenn der Punkt O violett wäre, sondern diese würden sich näher bey dem Glase in V vereinigen. Und da die weiße Farbe eine Mischung aller einfachen Farben ist, so würde, wenn man einen weißen Gegenstand in den Punkt O stellte, derselbe mehrere Bilder auf einmal formiren, die in verschiedenen Entfernungen von O lägen; und aus denen zusammen ein gefärbter Fleck auf dem Netzhäutchen entstehen

würde, der das Sehen sehr undeutlich machen müßte. In der That bemerkt man auch, daß, wenn man in einem verfinsterten Zimmer die äußern Gegenstände auf einem weißen Papiere sich abbilden läßt, sie immer mit einem Rande von Regenbogenfarben erscheinen; und diesem Fehler ist auch, wenn man nur Eine durchsichtige Materie nimmt, nicht abzuhelfen. Nun hat man zwar gefunden, daß das durch Hülfe mehrerer durchsichtigen Materien möglich ist. Aber weder die Theorie noch die Praxis haben bisher können auf den Grad von Vollkommenheit gebracht werden, daß man in einer solchen Zusammensetzung allen diesen Fehlern zugleich abhelfen könnte. Unterdessen hat das Auge des Schöpfers keine von diesen Unbequemlichkeiten, die ich genannt habe, so wenig als einige andere, denen das Auge der starken Geister unterworfen seyn würde. Daraus erkennt man also den wahren Grund, warum die göttliche Weisheit mehrere durchsichtige Materien zur Bildung der Augen angewendet hat. Es ist kein anderer, als dasselbe von den Unvollkommenheiten zu befreyen, die den Werken des Menschen in dieser Art eigen sind. Welcher würdige Gegenstand unserer Bewunderung! Der Psalmist hat sehr Ursache uns auf die wichtige Frage zu leiten: Der, welcher das Auge gemacht hat, sollte der nicht sehen? Der das Ohr gebildet hat, sollte der nicht hören? Da ein einziges Auge ein Meisterstück ist, das allen menschlichen Verstand übersteigt: welche erhabene Vorstellung müssen wir uns nicht von demjenigen machen, der nicht bloß alle Menschen, sondern auch alle Thiere und selbst die geringsten Würmer mit diesem kostbaren Geschenk, und noch dazu in der größten Vollkommenheit, versehen hat.

den 19 Aug. 1760.

Vier und vierzigster Brief.

Das Auge übertrifft also alle Maschinen, die die menschliche Kunst hervorbringen kann, unendlich. Die verschiedenen durchsichtigen Materien, aus denen es zusammen gesetzt ist, haben nicht nur einen Grad von Dichte, der im Stande ist, verschiedene Brechungen zu verursachen, sondern ihre Figur ist auch so bestimmt, daß alle Stralen, die von einem Punkte des Gegenstandes auslaufen, genau wieder in einem Punkte zusammen kommen; der Gegenstand mag nahe oder fern, gerade vor dem Auge oder auf der Seite seyn, und die Stralen mögen noch eine so verschiedene Brechung leiden. Die kleinste Aenderung, die man in der Natur und der Gestalt der durchsichtigen Materien vornähme, würde das Auge gleich aller der Vortheile berauben, die wir bewundert haben. Und doch haben die Atheisten die Dreistigkeit zu behaupten, daß diese ihre Augen so wie die ganze Welt das Werk eines bloßen Zufalls seyn. Sie finden darinn nichts, was der Aufmerksamkeit werth wäre. Sie erkennen in dem Bau der Augen kein Merkmal der Weisheit. Sie glauben vielmehr Ursache zu haben, sich über ihre Unvollkommenheit zu beschweren, weil sie weder im Finstern noch durch eine Mauer sehen, und weil sie in sehr entfernten Gegenständen, wie in der Sonne oder dem Monde, nicht jede Kleinigkeit unterscheiden können. Sie schreyen laut, daß das Auge kein Werk seyn könne, das nach Absichten gemacht wäre; daß es eben so aufs Gerathewohl zusammen gesetzt sey, als der Erdkloß, den sie auf dem Felde finden; und daß es ungereimt sey, zu sagen, wir hätten die Augen um zu sehen, vielmehr brauchten wir die Glieder, die wir durch das Ohngefähr bekommen hätten, so gut es ihre Natur erlaubte. Ew. H. werden solche Gesinnungen inskünftige mit Unwillen anhören, so gemein sie auch jetzo unter den Leu-

ten sind, die sich allein weise dünken; und so sehr diese auch über die andern spotten mögen, die die kenntlichsten Spuren eines höchst mächtigen und weisen Schöpfers in der Welt finden. Es ist unnöthig, sich mit diesen Leuten in Streit einzulassen; sie bleiben unbeweglich auf ihrer Meynung und leugnen die ehrwürdigsten Wahrheiten. So wahr ist es was der Psalmist sagt: Nur die Narren sagen in ihrem Herzen: es ist kein Gott. Ihre Foderungen in Ansehung der Augen, sind eben so ungereimt als ungerecht. Nichts ist in der That ungereimter als die Sachen durch Körper hindurch sehen wollen, die keine Lichtstralen durchlassen. Eben so ungereimt ist ihr Wunsch, ein solches Gesicht zu haben, das in den entlegensten Sternen die geringsteu Kleinigkeiten unterscheiden könnte, da die gegenwärtige Einrichtung unserer Augen unsern Bedürfnissen angemessen ist; und wir so wenig Ursache haben mehr zu begehren, daß wir vielmehr das, was wir haben, als das bewundernswürdigste Geschenk des höchsten Wesens, mit demüthiger Dankbarkeit verehren müssen.

Aber, um die Gegenstände deutlicher zu sehen, ist nicht genug, daß die Stralen, die aus einem Punkte kommen, wieder in einem Punkte sich vereinigen; es muß noch überdieß dieser Vereinigungspunkt gerade auf das Netzhäutchen, im hintersten Theile des Auges, fallen. Fiele er diesseits oder jenseits, so würde das Sehen undeutlich. Nun aber, wenn für eine gewisse Entfernung der Gegenstände diese Vereinigungspunkte gerade auf das Netzhäutchen fallen, so fallen die von entferntern Gegenständen in das Auge hinein vor das Netzhäutchen; und die von nähern hinter dasselbe. In beyden Fällen würde das auf dem Netzhäutchen abgemalte Bild verworren und undeutlich werden. Die Augen jedes Menschen sind also nur für eine gewisse Entfernung eingerichtet. Einige sehen bloß die Gegenstände deutlich,

die

die nahe beym Auge sind, und diese heißen Kurzsichtige oder Myopes. Andere nur die entfernten, und heißen Weitsichtige oder Presbyten. Die, welche die mittelmäßig entfernten Gegenstände sehen, haben ein gutes Gesicht. Dem unerachtet können Leute von beyden Arten die Augen durchs Zusammendrücken ein klein wenig verlängern oder verkürzen, und dadurch das Netzhäutchen näher an das Vordertheil des Auges bringen, oder mehr davon entfernen, welches sie alsdann in den Stand setzt, auch die etwas nähern oder entferntern Gegenstände deutlich zu sehen. Und das ist ebenfalls ein großer Zusatz von Vollkommenheit für unsere Augen, den wir unmöglich dem bloßen Zufall zuschreiben können. Diejenigen, welche ein gutes Gesicht haben, sind am vortheilhaftesten daran, weil sie eben so wohl nahe als weite Gegenstände deutlich sehen können. Dem unerachtet erstreckt sich das nicht über eine gewisse Grenze; und es ist vielleicht niemand, der auf einen Zoll weit, oder in einer noch größern Nähe, sehen könnte. Wenn Ew. H. eine Schrift so nahe vor die Augen halten, so werden Sie die Buchstaben nur ganz verworren sehen. Aber ich glaube Ew. H. über diese wichtige Materie genug unterhalten zu haben.

den 21 Aug. 1760.

Fünf und vierzigster Breif.

Nach dem, was ich bisher von dem Lichte und den Stralen gesagt habe, werde ich nunmehr die Ehre haben, Ew. H. von einer allgemeinen Eigenschaft aller Körper, die wir kennen, zu unterhalten; ich meyne der Schwere. Man sieht, daß alle Körper, feste sowohl als flüßige, herunter fallen, wenn sie nicht unterstützt werden. Wenn ich einen Stein in der Hand halte und ich lasse ihn loß, so fällt er an die Erde und würde noch weiter

weiter fallen, wenn eine Oeffnung in der Erde wäre. Das Papier, worauf ich schreibe, würde hinunter fallen, wenn es nicht der Tisch erhielte. Eben das geschieht bey allen Körpern, die wir kennen. Es giebt keinen der nicht fiele, sobald er nicht mehr unterstützt wird. Die Ursache dieser Erscheinung, dieser Neigung zu fallen, die man in allen Körpern findet, heißt ihre Schwere. Wenn man sagt, daß alle Körper schwer sind, so versteht man darunter, daß alle einen Trieb haben zu fallen, und das alle wirklich fallen würden, wenn nichts wäre, daß sie unterstützte. Die Alten kannten diese Eigenschaft nicht vollkommen. Sie glaubten, daß es auch Körper gäbe, die vermöge ihrer Natur in die Höhe stiegen, so wie wir es beym Rauch und den Dünsten sehen. Diese Körper nannten sie leichte Körper, um sie von denen zu unterscheiden, die eine Neigung haben zu fallen. Aber in den neuesten Zeiten hat man erkannt, daß die Luft es sey, die diese Materien in die Höhe treibt. Denn in einem luftleeren Raume, den man durch die Luftpumpe macht, fällt der Rauch und die Dünste so gut zu Boden als ein Stein; woraus folgt, daß diese Materien ihrer Natur nach eben so schwer sind als die andern. Daß sie aber in der Luft in die Höhe steigen, das geschieht aus eben dem Grunde, aus welchem ein Stück Holz, das man unter das Wasser getaucht hat, seiner Schwere ungeachtet, wieder in die Höhe steigt und auf dem Wasser schwimmt, sobald man es losläßet. Die Ursache ist, weil das Holz weniger schwer ist als das Wasser; und es ist eine allgemeine Regel, daß alle Körper in einer flüßigen Materie in die Höhe steigen, die schwerer ist als sie selbst sind. Wenn man in ein mit Quecksilber angefülltes Gefäß einige Stücke Eisen, Kupfer, Silber und sogar Bley wirft, so schwimmen sie auf demselben; und taucht man sie unter, so steigen sie von selbst wieder empor. Bloß das Gold fällt darinnen zu Boden,

den, weil es schwerer ist als Quecksilber. Wenn es also Körper giebt, die ungeachtet ihrer Schwere im Wasser oder in andern flüßigen Materien in die Höhe steigen, aus der einzigen Ursache, weil sie leichter sind als das Wasser oder diese flüßige Materie: so ist es nicht zu verwundern, daß auch in der Luft gewisse Körper, die leichter als dieselbe sind, in die Höhe steigen; zu diesen Körpern aber gehören der Rauch und die Dünste. Ich habe schon die Ehre gehabt, Ew. H. zu zeigen, daß die Luft selbst schwer sey, und daß eben diese Schwere das Quecksilber im Barometer erhalte. Wenn man demnach sagt, daß alle Körper schwer sind, so muß man es mit der Einschränkung verstehen, daß alle ohne Ausnahme, in einem luftleeren Raume fallen würden. Ich könnte noch hinzu setzen, daß sie alsdann alle mit einer gleichen Geschwindigkeit fallen. Denn unter einer gläsernen Glocke, wenn die Luft ausgepumpet ist, fällt ein Dukaten und eine Pflaumfeder gleich geschwind zu Boden. Aber davon werde ich künftig noch ausführlicher reden. Man könnte gegen die Allgemeinheit dieser Eigenschaft noch einwenden, daß eine aus einem Mörser geworfene Bombe nicht unmittelbar zu Boden fällt, wie der Stein, den ich aus der Hand fallen lasse, sondern in die Höhe steigt. Aber kann man daraus wohl vernünftiger Weise schließen, daß die Bombe keine Schwere hat? Es ist nur zu augenscheinlich, daß es die Gewalt des Pulvers ist, welche die Bombe in die Höhe treibt, und ohne die würde sie unfehlbar den Augenblick niederfallen. Wir sehen aber auch, daß die Bombe nicht immer steigt, sondern daß, wenn die Kraft, die sie in in die Höhe treibt, nachläßt, sie in der That fällt und alles zertrümmert was sie antrifft; und das ist Beweis genug für ihre Schwere. Wenn man also sagt, daß alle Körper schwer sind, so meynet man damit nicht, daß keiner aufgehalten oder in die Höhe getrieben

trieben werden könnte. Aber das muß sodann durch Kräfte geschehen, die nicht in den Körpern selbst liegen; und es bleibt immer gewiß, daß jeder Körper, sobald er sich selbst überlassen, in Ruhe und ohne anderweitige Bewegung ist, ganz sicher fallen wird, sobald er nicht mehr unterstützt ist. Unter meinem Zimmer ist ein Keller, aber mein Fußboden hält mich auf, und verhindert mich, zu fallen. Faulten die Dielen meines Fußbodens auf einmal weg, und stürzte zu gleicher Zeit das Gewölbe meines Kellers ein, so würde ich ohnfehlbar sogleich in den Keller stürzen; und das deswegen, weil mein Körper eben so wohl schwer ist, wie alle andere Körper, die wir kennen. Die wir kennen, sage ich, weil es vielleicht Körper ohne Schwere geben kann, wie die Körper der Engel, die ehemals erschienen sind. Ein solcher Körper würde nicht fallen, wenn man ihm gleich den Fußboden wegzöge; und er würde oben in der Luft eben so leicht gehen können als hier unten auf der Erde. Diese Körper also, die wir noch erst kennen lernen sollen, ausgenommen, ist die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Körper, vermöge welcher sie eine Neigung haben zu fallen, und wirklich fallen, sobald sich nichts ihrem Falle widersetzt.

den 23 Aug. 1760.

Sechs und vierzigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß die Schwere eine allgemeine Eigenschaft aller Körper ist die wir kennen, und daß sie in einer Neigung besteht, die sie durch eine unsichtbare Gewalt gegen die Erde treibt. Die Philosophen streiten sehr darüber: ob es wirklich eine solche Kraft gebe, die unsichtbar auf alle Körper wirkt und sie nach unten treibt; oder ob es vielmehr eine innere in dem Wesen aller Körper selbst liegende Eigenschaft, und gleichsam

sen eine Art von Instinkt sey, die sie treibt, sich gegen die Erde zu bewegen. Diese Frage läßt sich auf eine andere bringen: ob die Ursache der Schwere in der Natur jedes Körpers selbst, oder ob sie außer ihm existirt, so daß, wenn sie aufhörte zu wirken, der Körper aufhören würde schwer zu seyn. Oder kürzer und leichter. Man fragt: ist die Ursache der Schwere in oder außerhalb den Körpern selbst befindlich? Ehe ich mich aber in die Entscheidung dieser Frage einlasse, müssen zuvor alle Umstäude, die sich bey der Schwere der Körper finden, sorgfältiger untersucht werden. Zuerst merke ich an, daß, wenn man einen Körper unterstützt, um seinen Fall zu verhindern, z. E. wenn man ihn auf einen Tisch legt, der Körper gegen diesen Tisch eben die Gewalt anwendet, mit welcher er fallen würde. Und wenn man einen Körper an einem Faden aufhängt, so wird der Faden durch eben die Kraft gespannt, durch welche der Körper nach der Erde getrieben wird, das heißt, durch seine Schwere; und wäre der Faden nicht stark genug, so würde er zerreißen. Alle Körper also wenden eine gewisse Gewalt gegen die Sachen an, die sie unterstützen und zu fallen verhindern; und diese Gewalt ist gerade so groß als die Kraft, mit der sie wirklich fallen, sobald sie nicht unterstützt sind. Wenn man einen Stein auf den Tisch legt, so wird der Tisch gedrückt. Man darf nur die Hand zwischen den Stein und den Tisch legen, so wird man diese Gewalt sehr wohl merken; und diese Gewalt könnte sogar so zunehmen, daß sie die Hand zerquetschte. Diese Kraft heißt das Gewicht des Körpers; und es ist klar, daß das Gewicht und die Schwere einerley bedeuten; beyde nämlich die Kraft, von der jeder Körper nach unten zu getrieben wird; diese Kraft mag nun in oder außer dem Körper seyn. Die Begriffe, die wir von dem Gewichte der Körper haben, sind so deutlich, daß es nicht nöthig ist, sich

länger

länger dabey aufzuhalten. Ich merke bloß dieses noch an, daß, wenn man zwey Körper mit einander verknüpft, auch ihre Gewichte vereinigt sind, so, daß das Gewicht des Zusammengesetzten so groß ist, als die Summe von den Gewichten der Theile. Woraus wir sehen, daß die Gewichte der Körper sehr verschieden seyn können. Wir haben ein sehr sicheres Mittel, die Gewichte der Körper zu vergleichen und sie aufs genaueste zu messen. Dieses Mittel ist die Waage; und zwar vermöge der Eigenschaft die sie hat, daß, wenn zwey gleich schwere Körper auf ihre beyde Waagschaalen gelegt werden, sie in Ruhe bleibt. Diese Vergleichung besser anstellen zu können, setzt man ein gewisses bestimmtes Maaß feste, wie z. E. 1 Pfund, und nun kann man, vermittelst einer guten Waage, bestimmen, wie viel Pfund auf das Gewicht jedes andern Körpers kommen. Ist ein Körper zu groß auf eine Waagschale gelegt zu werden, so theilt man ihn, wiegt jeden Theil und summirt die Gewichte. Durch dieses Mittel könnte man das Gewicht des größten Hauses finden.

Ew. H. werden schon wahrgenommen haben, daß ein kleines Stück Gold eben so viel wiegt als ein weit größeres Stück Holz. Also steht das Gewicht eines Körpers nicht allemal mit seiner Größe in Verhältniß. Ein sehr kleiner Körper kann sehr viel wiegen und ein anderer großer sehr wenig. Bey jedem Körper also lassen sich zwey ganz verschiedene Messungen anstellen. Durch die eine bestimmt man seine Größe oder seine Ausdehnung, die man auch das Volumen nennt; und diese Messung gehört für die Geometrie, welche die Wissenschaft ist, die ausgedehnten Größen zu messen. Durch die andere bestimmt man sein Gewicht, und die ist ganz von der ersten unterschieden; durch sie erkennt man die Verschiedenheit der Materie, aus der ein Körper zusammen gesetzt ist. Stellen sich Ew. H. zwey Massen von verschiede-

schiedenen Materien, aber von ganz gleicher Größe, vor; jede z. E. in der Figur eines Würfels, dessen Länge, Breite und Höhe ein Fuß sey. Eine Masse von diesem Umfange, wenn sie von Gold wäre, würde 1336 Pfund, wäre sie Silber, 770 Pfund, wäre sie Eisen, 500 Pfund, wäre sie Wasser, nur 70 Pfund, und wäre sie endlich Luft, nur den zwölften Theil eines Pfundes wiegen. Ew. H. sehen daraus, daß die Verschiedenheit der Materie, aus der die Körper bestehen, auch eine sehr beträchtliche Verschiedenheit in Ansehung ihrer Schwere verursache. Diese Verschiedenheit auszudrücken, braucht man gewisse Redensarten, die zweydeutig scheinen könnten, wenn man sie nicht recht verstünde. Wenn man sagt, daß Gold schwerer sey als Silber, so heißt das nicht, daß ein Pfund Gold schwerer ist als ein Pfund Silber. Denn ein Pfund bleibt immer ein Pfund, die Materie mag seyn welche sie will, und hat also immer einerley Gewicht. Aber das ist der Sinn dieses Ausdrucks, daß von zwey gleichgroßen Stücken Gold oder Silber, das Gold mehr wiegt als das Silber. Eben so, wenn man sagt, daß das Gold neunzehnmal schwerer als Wasser ist: so versteht man, daß, wenn man zwey Massen von gleichem Volumen hat, die eine Gold, die andere Wasser, die Masse Gold neunzehnmal mehr wiegen wird als das Wasser. In dieser Redensart sagt man also nichts von dem Gewicht des Körpers an und für sich betrachtet; man redet nur davon in Vergleichung, so, daß man immer gleichgroße Massen voraus setzt. Es kommt nicht darauf an, ob diese Massen groß oder klein sind; bloß ihre Gleichheit wird erfordert.

den 25 Aug. 1760.

Sieben und vierzigster Brief.

Die Schwere oder das Gewicht scheint uns so nothwendig zu dem Begriffe eines Körpers zu gehören, daß es uns sogar unmöglich ist, einen Körper zu denken, der nicht schwer sey. Diese Eigenschaft hat auch bey allem, was wir mit den Körpern vornehmen, ihren Einfluß. Allenthalben muß man auf die Schwere oder das Gewicht des Körpers Acht haben. Wir selbst fühlen beständig die Wirkungen unserer Schwere, wir mögen stehen, sitzen, oder liegen. Wir könnten unmöglich fallen, wenn nicht unser Körper und alle seine Theile schwer wären, oder diese Neigung hätten, zur Erde zu fallen, wenn sie nicht mehr unterstützt werden. Selbst gewisse Ausdrücke unserer Sprache gründen sich auf diese Eigenschaft der Körper, und wir nennen das unten, was in der Gegend liegt, gegen welche diese Neigung der Körper gerichtet ist. Das ist die einzige Bedeutung, die das Wort haben kann; und hätte die Schwere eine andere Richtung, so würden wir diese andere Gegend unten nennen. Eben so nennen wir die der Schwere entgegengesetzte Richtung, oben; wobey man anmerken muß, daß, wenn man einen Körper frey herunter fallen läßt, er in einer geraden Linie herab steigt, welche man die Richtung seiner Schwere nennt. Diese Linie heißt auch die Vertikallinie, die also nur eine Linie ist, die von oben nach unten gezogen wird; und wenn wir uns diese Linie bis an den Himmel hinauf verlängert vorstellen, so nennen wir diesen Punkt des Himmels unser Zenith, welches ein arabisches Wort ist, und den Punkt des Himmels bedeutet, der gerade über unserm Haupte steht. Ew. H. begreifen daraus, was eine Vertikallinie sey; die gerade Linie nämlich, in der ein Körper fällt, sobald er nicht mehr unterstützt wird. Wenn man einen Körper an einen Faden knüpft, den man am andern

Ende feste hält, so wird dieser Faden, wenn er in Ruhe ist, in einer geraden Linie ausgespannt werden, die zugleich die Vertikallinie seyn wird. So bedienen sich die Maurer eines Fadens, der mit einer Bleykugel beschwert ist; und um deswillen nennen sie etwas bleyrecht, wenn sie Mauren aufführen, die, wenn sie nicht fallen sollen, vertikal seyn müssen. Alle Fußböden eines Hauses müssen so aufgeführt werden, daß die Vertikallinie auf ihnen perpendikular stehe. Und dann nennt man den Fußboden horizontal; woraus Ew. H. sehen, daß eine horizontale Ebne allemal die ist, auf welcher die Vertikallinie perpendikular steht. Wenn man sich in einer vollkommenen Ebne ohne Berge befindet, so heißt der äusserste Rand davon der Horizont; ein grichisches Wort, das so viel heißt, als die Grenze unsers Gesichts; und diese Ebne stellt alsdann eine horizontale Ebne vor, eben so wie die Oberfläche einer See. Man braucht noch ein ander Wort, um das horizontal auszudrücken. Man sagt, daß eine solche Linie oder Fläche waagrecht sey. Auch zwey Punkte nennt man waagrecht, wenn die gerade Linie, die durch beyde hindurch geht, horizontal, das heißt, auf der Vertikal- oder der bleyrechten Linie perpendikular ist. Aber zwey Punkte sind nicht waagrecht, wenn die gerade Linie, die durch sie gezogen wird, nicht horizontal ist. Alsdenn ist einer von diesen Punkten erhabner als der andere. Das ist der Fall bey den Flüssen, deren Oberfläche allemal einen Abhang hat. Wäre sie horizontal, so würde das Wasser in Ruhe bleiben und nicht fließen, und alle Ströme fließen beständig von höhern Gegenden in die niedrigern. Man hat Instrumente, durch die man finden kann, ob zwey Punkte waagrecht sind, oder ob einer höher ist als der andere und um wie viel mal. Man nennt dieses Instrument eine Wasserwaage, und die Kunst es zu gebrauchen, das Wasserwägen oder das Nivelliren. Wenn Ew. H. eine ge-

rade Linie von einem Punkte in Ihrem Apartement zu Berlin an einen in Ihrem Apartement zu Magdeburg angenommenen Punkt zögen: so ließe sich durch dieses Instrument finden, ob diese Linie horizontal, oder ob einer von beyden Punkten höher oder niedriger wäre als der andere. Ich glaube, der Punkt in Berlin würde höher seyn als der zu Magdeburg. Ich gründe diese Meynung auf den Lauf der Spree, der Havel und der Elbe. Da die Spree in die Havel und die Havel in die Elbe fließt, so muß die Havel niedriger als die Spree, und die Elbe niedriger als die Havel seyn, woraus folgt, daß Berlin höher liegt als Magdeburg; der ebne Boden nämlich von beyden gerechnet. Denn wenn man von dem ebnen Boden zu Berlin eine gerade Linie auf die Spitze des Domthurms zu Magdeburg zöge: so würde vielleicht diese Linie horizontal seyn.

Ew. H. werden daraus begreifen, wie nützlich die Kunst das Wasser zu wägen sey, wenn es auf Wasserleitungen ankommt. Denn, kann das Wasser nicht anders als aus einem höhern Ort in einen tiefern fließen: so muß man, ehe man einen Canal ausgräbt in dem Wasser fließen soll, erst vollkommen versichert seyn, daß das eine Ende des Canals höher ist als das andere, und das erfährt man durchs Nivelliren. Selbst wenn man eine Stadt bauet, muß man die Straßen so anlegen, daß sie gegen die eine Seite einen Abhang haben, damit das Wasser ablaufe. Aber in Gebäuden müssen die Fußböden vollkommen horizontal und nicht abhängig seyn, weil es da nicht nöthig ist Wasser abfließen zu lassen, wofern es nicht Ställe sind, in denen man ebenfalls dem Boden einen Abhang giebt. Auch die Astronomen geben genau darauf Acht, daß der Boden ihres Observatorii vollkommen horizontal sey, um mit dem wahren Horizonte am Himmel überein zu kommen,

men, womit die Vertikallinie, bis an den Himmel verlängert, das Zenith giebt.

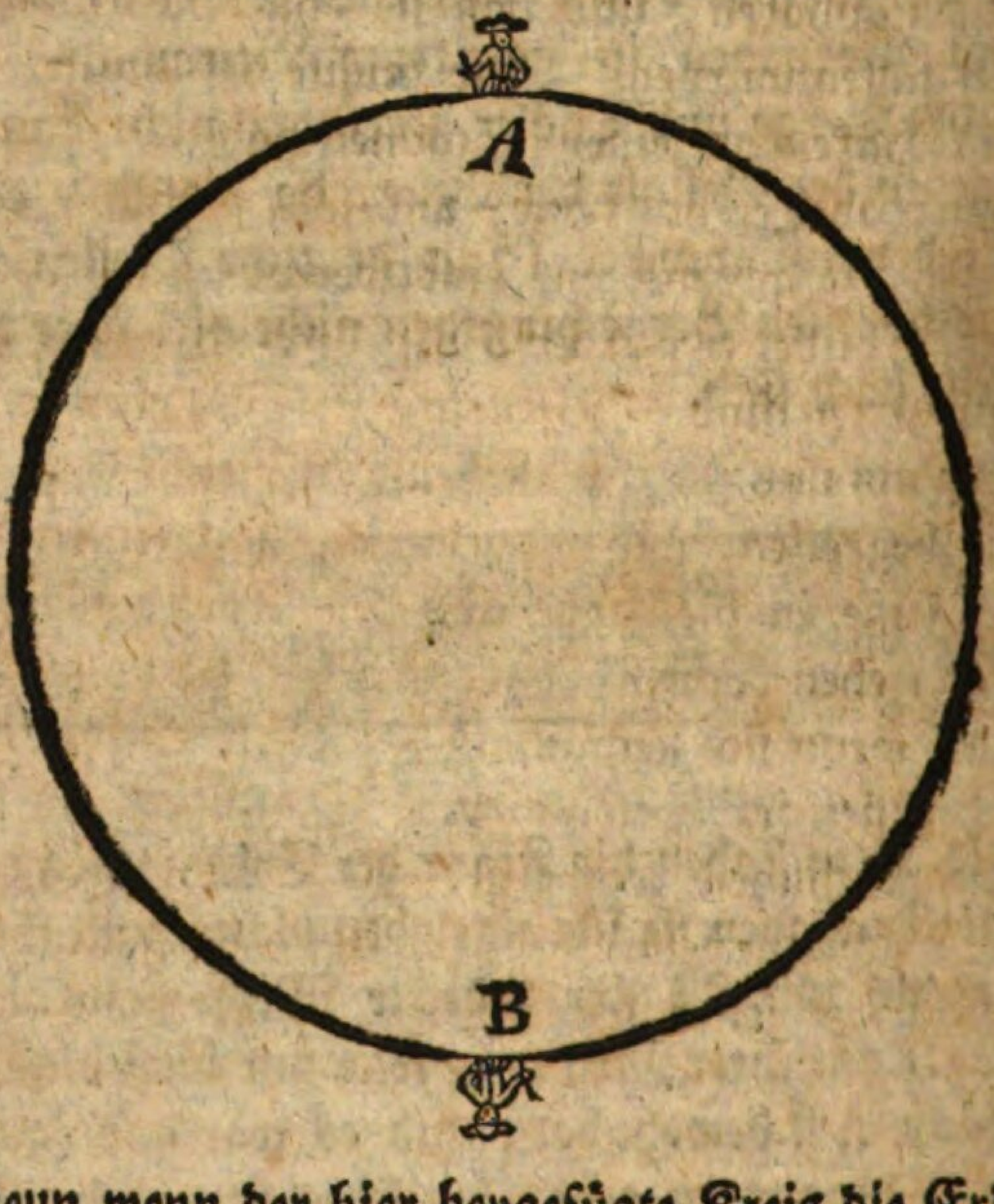
Den 27 Aug. 1760.

Acht und vierzigster Brief.

Ew. H. wissen wohl, daß die ganze Erde ungefähr die Gestalt einer Kugel habe. Denn ob man gleich in den neusten Zeiten entdeckt hat, daß ihre Figur nicht vollkommen kugelförmig, sondern gegen die Pole eingedrückt sey, so ist doch dieser Unterschied so klein, daß er bey meinem Vorhaben in gar keine Betrachtung kommt. Auch die Berge und Thäler zerrütten nicht das Kugelförmige in der Gestalt der Erde, da die Erde eine Kugel ist, deren Diameter 1720 deutsche Meilen beträgt, und die höchsten Berge hingegen nicht viel über eine halbe Meile hoch sind.

Die Alten haben die Figur der Erde wenig gekannt. Die meisten haben sie für eine oben platte, und theils mit Erde theils mit Wasser bedeckte Masse ABCD angesehen. Nach ihrer Meynung war nur bloß diese einzige Oberfläche AB bewohnbar; und es war unmöglich über A und B hinaus zu gehen, welches sie als die Grenzen der Welt ansahen. Nachdem man in der Folge anfieng einzusehen, daß die Figur der Erde ungefähr kugelförmig und allenthalben bewohnbar sey, so, daß es Oerter gebe, die uns gerade entgegen gesetzt sind, wo die Einwohner uns die Füße zukehrten, die man auch deswegen Antipoden nennt: so fand diese Meynung so viel

Widersprüche, daß einige Kirchenväter sie als eine große Ketzerey ansahen, und die in den Bann thaten, welche die Wirklichkeit der Antipoden glaubten. Heut zu Tage würde man für einen Thoren gehalten werden, wenn man an ihrer Wirklichkeit zweifeln wollte, besonders seitdem diese Meynung durch die Reisen um die Welt, die schon von mehrern angestellt worden sind, ist bestätiget worden. Dem unerachtet findet man noch in dieser Sache viele Schwierigkeiten, die es der Mühe werth ist zu heben.



Denn wenn der hier beygefügte Kreis die Erde vorstellt, und wir sind in A, so werden unsere Antipoden uns gerade gegenüber in B seyn. Weil wir also den Kopf oben und die Füße unten haben, so müssen dafür unsere Antipoden die Füße oben und den Kopf unten haben, welches sehr widersinnig scheint; denn die, welche die Reise um die Welt gethan, haben niemals auf ihren Reisen gemerkt,

gemerkt, daß sie den Kopf unten hätten und die Füße in die Höhe kehrten. Hätte der Antipode in B den Kopf oben und die Füße unten wie wir, so würde er mit dem Kopfe die Erde berühren, und also mit dem Kopfe gehen müssen. In der Verlegenheit über die Schwierigkeit dieser Erfahrung, haben einige sie durch die Vergleichung mit einer Kugel zu heben geglaubt, auf deren Oberfläche man oft Fliegen und andere Insekten eben so wohl oben als unten herumlaufen sieht. Aber sie denken nicht daran, daß die Insekten, die unten sind, sich durch ihre Klauen anhaken, und daß sie ohne die Hülfe gewiß herunter fallen würden. Also müßte der Antipode wohl vielleicht Haken an seinen Schuhen haben, um sich fest zu halten; aber er hat keine, und fällt doch so wenig als wir. Ja, so wie wir uns einbilden oben auf der Erde zu seyn, so bildet es sich der Antipode auch ein und glaubt, daß wir unten sind. Vielleicht ist ihm eben so bange um uns, als uns für ihn ist, und vielleicht kann er eben so wenig begreifen, wie wir, die wir nach seinen Gedanken die Füße in die Höhe und den Kopf unten haben, leben und gehen können, ohne uns fest zu halten. In der That, wenn sich jemand an der Decke eines Zimmers mit den Füßen fest halten wollte, so müßten die Haken an seinen Schuhen sehr stark seyn, und bey alle dem würde er doch eine sehr traurige Figur vorstellen. Ich möchte nicht an seiner Stelle seyn, ich fürchtete mich zu sehr den Hals zu brechen, oder wenigstens müßte mir das Blut, das mir in den Kopf schießen würde, Schaden thun. Weit unbekümmerter wollte ich mich in das Land unserer Antipoden begeben, da ich gewiß genug wäre, daß ich mich dort nicht schlechter als hier befinden, und meine Zeit nicht so traurig zubringen würde als wenn ich mich mit den Füßen an eine Decke halten sollte. Unterdessen bin ich zu einer solchen Reise, die wenigstens 2700 deutsche Meilen betragen würde, schon zu alt.

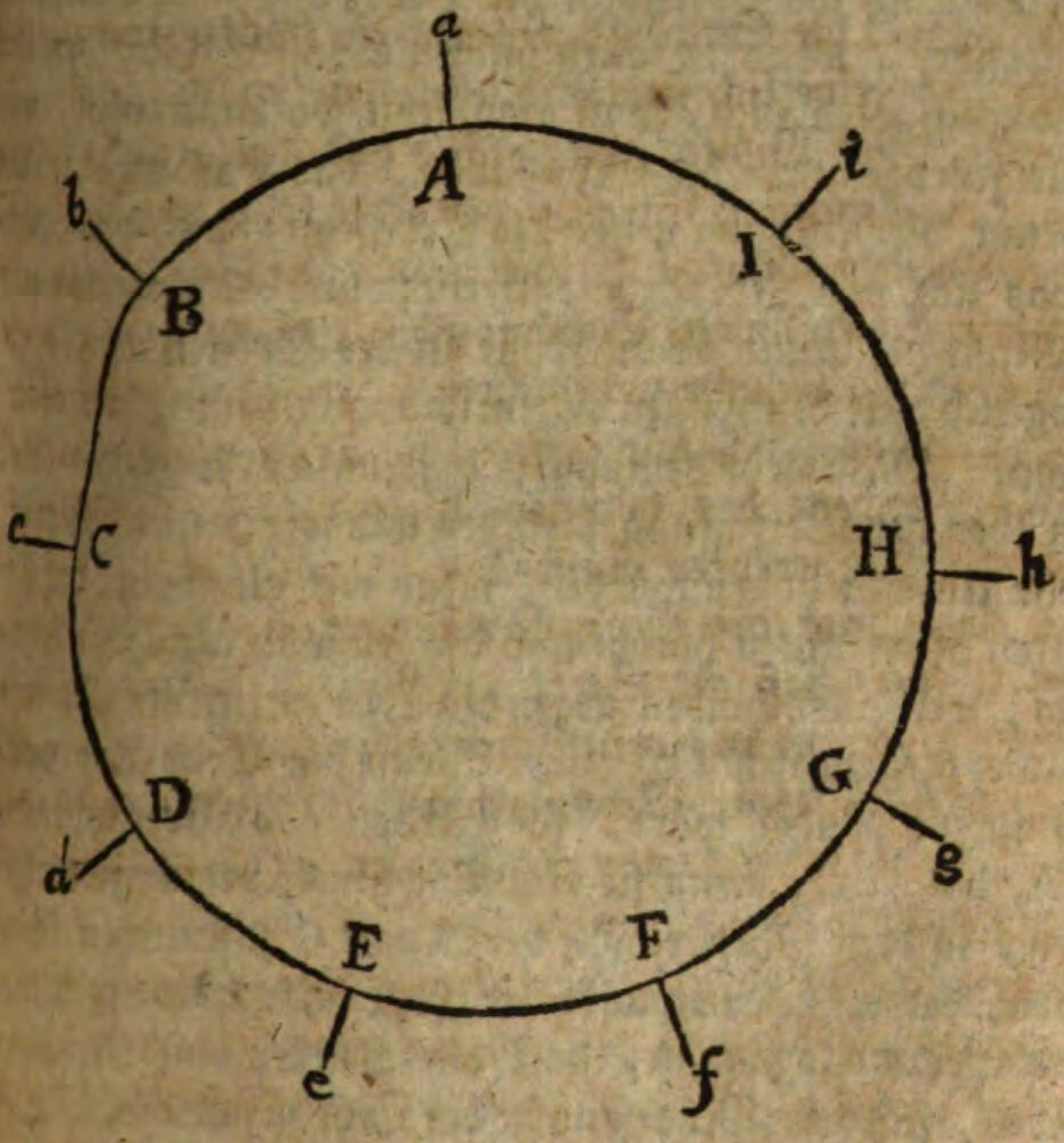
Aber wohin sollte denn nun wohl der arme Antipode, für den man so besorgt ist, fallen, wenn das sich ereignete? Ohne Zweifel wird man antworten, nach unten; aber dieses nach unten würde eine Richtung seyn, die sich von der Erde entfernte, und der Antipode wäre sehr zu beklagen, weil er keinen Ort mehr finden würde, wo er seine Füße hinsetzte, und vielleicht ohne Ende fallen müßte. Diese Furcht aber ist ungegründet, und niemals hat man noch gehört, daß ein Antipode einen so schrecklichen Fall von der Erde hinweg gethan hätte. Vielmehr wenn sie fallen, so fallen sie wie wir gegen die Erde zu; und doch bilden sie sich ein nach unten zu fallen. Es ist also ein bloßer Betrug, wenn man glaubt, daß unsere Antipoden die Füße oben und den Kopf unten haben, und man sie sich gleichsam umgekehrt vorstellt. Dieser Betrug kommt bloß von einem falschen Begriff, den wir mit den Wörtern oben und unten verknüpfeu. Allenthalben wo wir uns auf der Erde befinden, ist unten da, wohin die Körper fallen; und oben ist das entgegengesetzte. So habe ich schon in meinem vorhergehenden Briefe die Bedeutung dieser Wörter bestimmt, und ich glaube, daß es der Mühe werth ist, diesen Begriff mehr aus einander zu setzen, um auf alle die Einwürfe antworten zu können, welche man gegen die Antipoden gemacht hat, ob ich gleich nicht glaube, daß Ew. H. für sie werden sehr bekümmert gewesen seyn.

den 28 Aug. 1760.

Neun

Neun und vierzigster Brief.

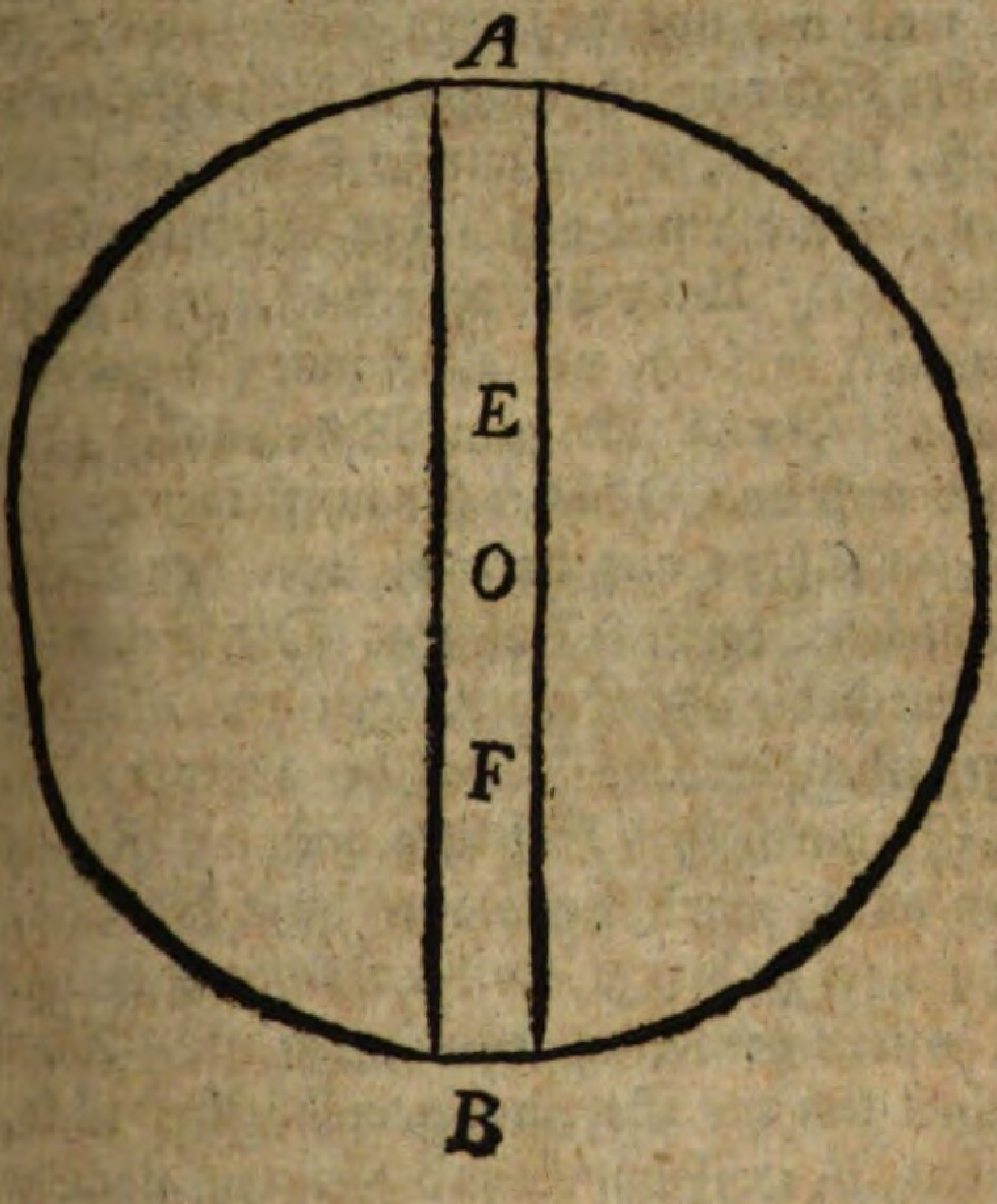
Obgleich die Oberfläche der Erde durch die Berge und Thäler, die auf ihr sind, uneben gemacht wird, so ist sie doch da, wo Meer ist, durchaus eben; weil die Oberfläche des Wassers allemal horizontal ist, und die Vertikallinie, nach der die Körper fallen, auf ihr perpendikular steht. Wenn also die ganze Erde mit Wasser bedeckt wäre, so würde auch allenthalben die Vertikallinie auf der Oberfläche perpendikular seyn.



Wenn demnach ABCDEFGHI die Erde vorstellt, so wird, da die Oberfläche allenthalben horizontal ist, an dem Punkte A die Linie aA vertikal seyn; in dem Punkte B, die Linie bB, in C, cC, in D, dD, u. s. w.

Nun bestimmt an jedem Orte die Vertikallinie das was oben und unten heißen soll. Also für die, welche in A sind, würde der Punkt A unten und a oben seyn; für die in F, würde f oben und F unten seyn; und so in allen übrigen Oertern der Erde. Alle diese Vertikallinien aA, bB, cC, dD, ꝛc. heißen auch die Directionslinien der Schwere, weil allenthalben die Körper nach diesen zu Boden fallen, so daß ein Körper, der in g losgelassen wird, in die Linie gG fallen würde. Also müssen allenthalben die Körper gegen die Erde, und zwar perpendikular auf die Oberfläche der Erde, oder vielmehr des Wassers, wenn es allenthalben Wasser gäbe, fallen. Folglich wird auch, man mag seyn wo man will, weil die Körper gegen die Erde fallen, das was man unten nennt, die Richtung gegen die Erde seyn; und das oben, was sich von der Erde entfernt; und also werden alle Menschen, wenn sie die Füße an der Erde haben, auch zugleich mit den Füßen unten und mit dem Kopfe oben seyn. Man sieht demnach, daß unsere Antipoden sich in eben der Verfassung befinden wie wir, und daß wir sehr Unrecht haben würden, wenn wir glaubten, daß sie ihren Kopf unten hätten und die Füße in die Höhe kehrten, weil allenthalben gegen die Erde zu unten ist, und das entgegengesetzte oben. Wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre, so würden alle Vertikallinien aA, bB, cC, wenn sie inwendig hinein verlängert würden, in dem Mittelpunkte der Kugel O zusammen kommen, der der Mittelpunkt der Erde heißt; und aus diesem Grunde sagt man, daß alle Körper eine Neigung haben, sich dem Mittelpunkte der Erde zu nähern. Also wenn man an jedem Orte in der Welt fragt, was unten ist, so wird man antworten, das, was gegen den Mittelpunkt der Erde geht. In der That, wenn man ein Loch, wo man wollte, in die Erde grübe, und man führe damit ohne Ende fort, so würde man endlich an

den Mittelpunkt der Erde kommen. Ew. H. werden sich erinnern, daß Herr von Voltaire oft über dieses Loch gespottet hat, das Maupertuis bis in den Mittelpunkt der Erde wollte gegraben wissen. Es ist sehr wahr, daß ein solches Loch niemals wird gemacht werden können, weil man 860 deutsche Meilen tief graben müßte. Unterdessen kann man es doch annehmen, um zu untersuchen was alsdann erfolgen würde.



Wir wollen also setzen, daß das in A gegrabene Loch durch den Mittelpunkt der Erde O hindurch, durch die ganze Dicke der Erde, bis zu unsern Antipoden in B fortgienge; und daß wir durch dieses Loch hinab stiegen. Ehe wir in den Mittelpunkt O kämen, z. E. wenn wir in E wären, so würde der Mittelpunkt der Erde unter uns, und der Punkt A über uns zu seyn scheinen; und hielten wir uns nicht feste, so würden wir nach O fallen.

Aber

Aber sobald wir über das Centrum O hinaus wären, z. E. in F, so würde unsere Schwere gegen O gerichtet seyn, und dieser Punkt O, und also noch weit mehr A, würde uns unten zu seyn scheinen, und B oben. Also würden die Wörter oben und unten auf einmal ihre Bedeutung verändern, wenn wir auch in eben derselben Linie zwischen A und B bleiben. So lange als wir von A nach O gehen, so lange steigen wir herab; aber sobald wir von O gegen B gehen, so steigen wir wirklich in die Höhe, weil wir uns von dem Mittelpunkte entfernen, und unsere Schwere immer gegen diesen Mittelpunkt gerichtet ist, so daß, wenn wir in E oder in F anfiengen zu fallen, wir allemal gegen den Mittelpunkt der Erde fallen würden. Unser Antipode in B, der durch das Loch von B nach A kommen wollte, befände sich gerade in eben dem Falle. Von B bis zum Mittelpunkte O müßte er hinunter, und von O bis A hinauf steigen. Diese Betrachtungen führen uns darauf, von der Schwere der Körper diesen Begriff festzusetzen: Die Schwere ist eine Kraft, durch die alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben werden. Eben der Körper, der, wenn er in A ist, durch seine Schwere nach der Richtung A O getrieben wird, wird durch eben diese Schwere, sobald man ihn nach B bringt, in der Richtung B O getrieben, die der erstern gerade entgegen gesetzt ist. Allenthalben also richtet sich die Bedeutung dieser Ausdrücke, oben und unten, herauf und hinab steigen, nach der Richtung der Schwere; weil die Schwere der Körper einen sehr nothwendigen Einfluß auf alle unsere Handlungen und Unternehmungen hat, und selbst unsere eigene Körper von derselben regiert werden, so daß wir beständig Wirkungen von ihr erfahren.

den 29 Aug. 1760.

Funfzig-

Funfzigster Brief.

Ew. H. sind also jetzt von einem großen und wichtigen Stücke, der Wirkung der Schwere meyne ich, unterrichtet; nämlich, daß alle Körper, die sich auf der Erde befinden, durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde, oder perpendikular auf die Oberfläche derselben getrieben werden, welches die Richtung der Schwere heißt. Man hat Grund die Schwere der Körper eine Kraft zu nennen, weil alles, was vermögend ist, einen Körper in Bewegung zu setzen, Kraft genannt wird. So schreibt man den Pferden eine Kraft zu, weil sie einen Wagen ziehen können; dem Strome eines Flusses oder dem Winde, weil durch sie Mühlen in Bewegung gesetzt werden. Es ist also kein Zweifel, daß auch die Schwere eine Kraft sey, da sie den Fall der Körper verursacht. Und diese Kraft empfinden wir auch durch den Druck, den wir fühlen, wenn wir eine Last tragen. Bey jeder Kraft aber sind zwey Sachen zu betrachten: erstlich die Richtung, in der sie die Körper forttreibt; und zum andern die Größe der Kraft selbst. In Ansehung der Schwere ist ihre Richtung schon ausgemacht; nämlich die, welche gegen den Mittelpunkt der Erde oder perpendikular auf ihre Oberfläche geht. Also ist nur noch die Größe dieser Kraft, welche die Körper schwerer machen, zu betrachten übrig. Diese Größe aber richtet sich allemal nach dem Gewicht der Körper; und so wie es einen großen Unterschied unter dem Gewicht der Körper giebt, so werden auch die schwerern mit weit größrer Gewalt gegen die Erde getrieben; und das Gewicht jedes Körpers ist immer gerade das Maaß der Kraft, mit der er nach der Erde getrieben wird, das heißt, seine Schwere. Nun fragt man, ob derselbe Körper, wenn man ihn an verschiedene Oerter der Erde bringt, immer einerley Gewicht behält? Ich rede von den Kör-

pern,

pern, die nichts durch Ausdünstung verlieren. Durch sehr gewisse Erfahrung ist man überzeugt worden, daß einerley Körper, wenn er gegen den Aequator gebracht wird, etwas weniges leichter wird, als er um die Pole herum ist. Diesen Unterschied kann man durch keine Waage, auch nicht die allergenaueste, entdecken, wie Ew. H. sehr wohl einsehen werden. Denn die Gewichte, mit denen man die Körper wägt, sind alsdenn eben der Veränderung unterworfen. So würde ein Gewicht, das hier 100 Pfund wiegt, auch unter dem Aequator noch 100 Pfund heißen; aber die Gewalt, mit der es fällt, würde geringer seyn als bey uns. Man hat diese Veränderung durch die Wirkung, die eigentlich von der Schwere abhängt, ich meyne durch den Fall, erkannt; und man hat beobachtet, daß ein solcher Körper unter dem Aequator etwas langsamer fällt als bey uns. Es ist demnach ausgemacht, daß derselbe Körper, indem er an verschiedene Oerter der Erde gebracht wird, eine kleine Veränderung in seinem Gewicht leidet. Nun wollen wir also in das Loch, das wir queer durch die Erde durch ihren Mittelpunkt gemacht haben, hinein gehn. Legen wir nun einen Körper in den Mittelpunkt selbst, so muß er hier alle seine Schwere oder sein Gewicht verlieren. Denn weil allenthalben seine Neigung sich zu bewegen gegen diesen Punkt gerichtet ist, so kann er in diesem Punkte selbst gar keine Neigung mehr haben sich zu bewegen. Hat demnach ein Körper im Mittelpunkte der Erde gar kein Gewicht, so muß, wenn er sich dem Mittelpunkt nähert, sein Gewicht stufenweise abnehmen. Daraus folgt, wenn ein Körper in das Innere der Erde eindringt, so verliert er von seinem Gewichte um desto mehr, je mehr er sich dem Mittelpunkte nähert. Ew. H. sehen, daß die Schwere nicht so nothwendig mit dem Wesen der Körper verbunden ist als es beym ersten Anblicke scheint, indem nicht nur ihre Größe, sondern

auch

auch ihre Richtung abwechselt, und die letztere selbst entgegenstehend werden kann, wie wir es bey den Antipoden gesehen haben.

Nachdem wir uns in Gedanken in den Mittelpunkt der Erde versetzt haben, so wollen wir wieder auf ihre Oberfläche zurück kehren, und nun auch auf die höchsten Berge steigen. Hier werden wir keine merkliche Veränderung der Schwere finden, ob gleich Gründe genug da sind, zu glauben, daß sich das Gewicht eines Körpers vermindern müsse, so wie er sich von der Erde entfernt. In der That darf man sich nur in seinen Gedanken den Körper immer weiter und weiter von der Erde entfernen lassen, bis er z. E. in die Gegend der Sonne oder selbst eines Fixsterns käme. Es wäre lächerlich sich einzubilden, daß der Körper alsdann noch auf die Erde zurückfallen würde, da die ganze Erde gegen die ungeheure Größe der himmlischen Körper nichts ist. Daraus folgt demnach, daß ein Körper, wenn er sich von der Erde entfernt, immer mehr und mehr von seiner Schwere verliert, bis sie endlich ganz aufhört. Unterdessen hat man Gründe zu glauben, daß ein Körper, wenn er bis zur Weite des Mondes von der Erde entfernt würde, doch noch einiges Gewicht, aber ein 3600 mal kleineres, als hier auf der Erde, haben würde. Gesetzt dieser Körper wöge auf der Erde 3600 Pfund, so wird kein Mensch im Stande seyn ihn zu erhalten. Aber man bringe ihn zur Entfernung des Mondes, und man kann ihn alsdann mit einem Finger erhalten; denn jetzt wiegt er nicht mehr als 1 Pfund; und noch weiter von der Erde hinweg würde er noch weniger wiegen. Wir sehen also nun ein, daß die Schwere eine Kraft ist, die alle Körper gegen den Mittelpunkt der Erde treibt; daß diese Kraft auf der Oberfläche der Erde am stärksten wirkt; und daß sie sich vermindert, wenn man sich von

dieser Oberfläche entfernt, es mag dieses nun geschehen indem man in die Erde hinein gegen den Mittelpunkt zu geht, oder indem man von ihr weg in die Höhe steigt. Ich habe Ew. H. noch verschiedene Sachen von dieser Materie zu sagen.

den 3e Aug. 1760.

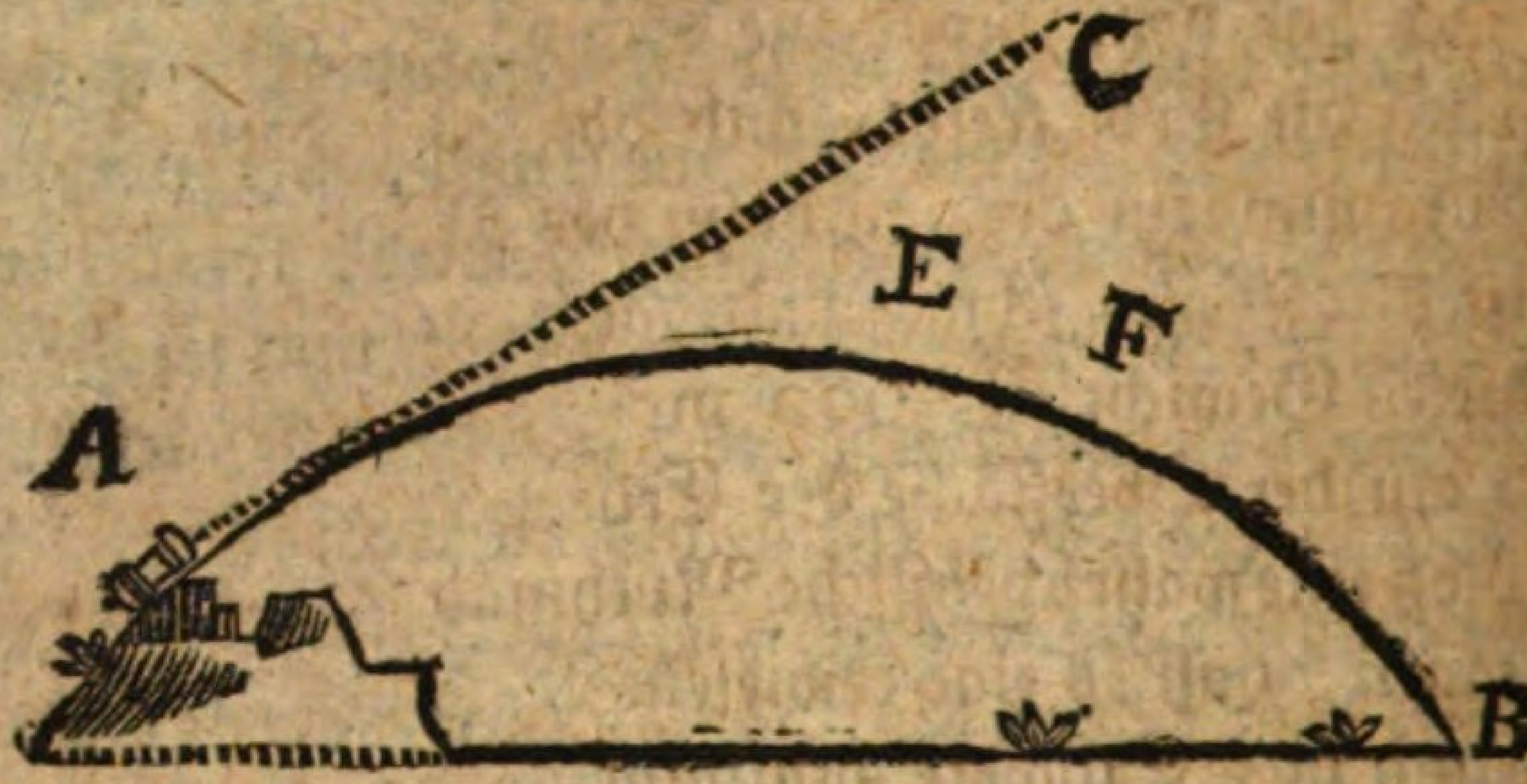
Ein und funfzigster Brief.

Ew. H. haben gesehen, daß, wenn ein Körper von der Erde bis in die Gegend des Mondes entfernt wird, er nicht mehr als den 3600sten Theil seines Gewichts behält; oder daß er mit einer 3600 mal kleinern Kraft gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben wird, als die er hier unten hatte. Und doch wäre die Kraft hinlänglich seinen Fall zur Erde zu verursachen, wenn ihn nichts unterstützte. Davon kann man freylich durch keine Versuche überzeugt werden; wir sind zu sehr an die Erde gebunden, als daß wir uns so hoch über sie erheben könnten. Aber es giebt dem unerachtet einen Körper in dieser Höhe; und das ist der Mond. Also sollte sich bey diesem die Wirkung der Schwere äußern, und doch sehen wir nicht, daß er auf die Erde fällt. Darauf antworte ich: Wenn der Mond in Ruhe wäre, so würde er ganz gewiß fallen; aber da er von einer höchst schnellen Bewegung fortgetrieben wird, so ist das gerade die Ursache, die seinen Fall verhindert. Von der Richtigkeit dieser Antwort überzeugen uns gewisse Versuche, die man hier unten auf der Erde machen kann. Ein Stein, den man aus der Hand fallen läßt, ohne ihm eine Bewegung beyzubringen, fällt unmittelbar, und zwar in einer geraden Linie, nämlich der Vertikallinie, zu Boden. Aber wirft man diesen Stein so, daß man ihm eine Bewegung von der Seite beybringt, so fällt er nicht gerade zu Boden, sondern bewegt sich erst durch eine

krumme

krumme Linie ehe er den Boden erreicht; und dieses dauert desto länger, je mehr Geschwindigkeit man ihm mitgetheilt hat. Eine Kanonenkugel, die nach einer horizontalen Richtung abgeschossen wird, kommt erst in einer großen Entfernung auf die Erde; und schöße man sie auf einem hohen Berge los: so würde sie vielleicht einige Meilen fortgehen, ehe sie auf die Erde käme. Nun erhöhe man die Kanone noch weiter, so wird die Kugel noch viel weiter getrieben. Man könnte das so weit fortsetzen, daß die Kugel erst bey unsern Antipoden niederfiele; und wenn man es noch weiter triebe, so würde die Kugel gar nicht niederfallen; sondern sie würde an den Ort, wo sie abgeschossen wurde, zurück kehren, und also eine neue Reise um die Welt machen. Das wäre alsdann ein kleiner Mond, der sich eben so wie der wahre, um die Erde herum drehete. Wenn nun Ew. H. die große Höhe, in der sich der Mond über der Erde befindet, und die erstaunliche Geschwindigkeit, mit der er fortgetrieben wird, in Betrachtung ziehen: so werden Sie sich nicht mehr darüber wundern, daß der Mond nicht zur Erde fällt, ob er gleich von der Schwere gegen den Mittelpunkt der Erde getrieben wird. Eine andere Betrachtung wird das in ein noch helleres Licht setzen. Wir dürfen nur den Weg untersuchen, den ein schief geworfener Stein oder eine Kanonenkugel beschreibt. Dieser Weg ist allemal eine krumme Linie, so wie sie in der Figur hier vorgestellet wird.

A sey die Spitze eines Gebirges, wo die Kanonenkugel abgeschossen wurde. Diese durchläuft erst den Weg AB, und fällt alsdann in B zu Boden; dieser Weg ist eine krumme Linie. Hierbey merke ich erst das an: Wenn die Kugel nicht schwer wäre, das heißt, wenn sie nicht gegen die Erde getrieben würde; so würde sie niemals fallen, auch nicht wenn man sie ganz frey los



liesse; denn die Schwere ist die einzige Ursache ihres Falls. Sie würde also noch weit weniger zur Erde fallen müssen, wenn sie in A, so wie die Figur vorstellt, abgeschossen würde. Folglich ist es die Schwere, welche macht, daß der Körper endlich zu Bogen fällt, und daß er die krumme Linie AEF B beschreibt. Ist also die Schwere die Ursache, warum der Weg der Kanonenkugel krumm ist, so folgt, daß er nicht krumm seyn würde, wenn die Kugel nicht schwer wäre. Aber jede nicht krumme Linie ist gerade; also, ohne die Schwere, welche die Kugel gegen die Erde treibt, würde sie beständig in der geraden Linie C, in der sie abgeschossen worden ist, fortgehen. Dieses voraus gesetzt, wollen wir nun den Mond betrachten, dessen Bewegung gewiß in keiner geraden Linie geschieht. Denn weil er beynahe immer gleichweit von uns bleibt, so muß sein Weg nothwendig krumm und ungefähr einem Zirkel gleich seyn, den man in der Weite des Mondes rings um die Erde beschreiben könnte. Nun ist man berechtigt zu fragen, warum der Mond sich nicht in einer geraden Linie bewege. Die Antwort wird nicht schwer seyn. Denn ist bey einem geworfenen Steine oder einer abgeschossenen Kanonenkugel die Schwere die Ursache von der Krümmung des Weges: so ist es sehr vernünftig, zu glauben,

daß

daß auch auf dem Mond die Schwere wirke, indem sie ihn gegen die Erde treibt, und daß eben diese Schwere die Krümmung in der Laufbahn des Mondes verursache. Also ist der Mond schwer und hat ein gewisses Gewicht; aber dieses Gewicht ist 3600 mal kleiner als wenn der Mond auf der Oberfläche der Erde wäre. Und das ist nicht bloß eine wahrscheinliche Muthmaßung; mann kann sogar sagen, daß es eine erwiesene Wahrheit ist. Denn wenn man diese Schwere annimmt, so läßt sich, nach den ausgemachtesten Grundsätzen der Mathematik, die Bewegung daraus bestimmen, die der Mond haben müßte; und diese Bewegung ist gerade die, welche der Mond wirklich hat; welches die vollkommenste Art des Beweises ist.

den 1 Sept. 1760.

Zwey und funfzigster Brief.

Die Schwere ist demnach eine Eigenschaft aller Körper auf der Erde und selbst des Mondes. Durch die Schwere wird der Mond gegen die Erde getrieben und seine Bewegung bestimmt, eben so wie die Schwere die Bewegung einer Kanonenkugel oder eines mit der Hand geworfenen Steins bestimmt. Diese wichtige Entdeckung haben wir dem berühmten Newton zu danken. Dieser große Philosoph und Mathematiker lag einst in einem Garten unter einem Apfelbaume, als ein Apfel, der ihm auf den Kopf fiel, bey ihm eine Menge von Betrachtungen veranlaßte. Das wußte er sehr wohl, daß die Schwere die Ursache sey, warum der Apfel gefallen war, nachdem ihn der Wind oder eine andere Ursache von seinem Aste abgerissen hatte. Diese Vorstellung war sehr natürlich, und jeder ehrliche Bauer hätte sie vielleicht eben so gut haben können; aber der englische Weltweise gieng weiter. Der Baum, sagte er, muß

sehr hoch gewesen seyn; und das brachte ihn auf die Frage: Würde wohl der Apfel gefallen seyn, wenn der Baum noch weit höher gewesen wäre? daran konnte er unmöglich zweifeln.

Wie aber wenn der Baum so hoch gewesen wäre, daß er bis an den Mond gereicht hätte? Hier wurde er verlegen zu entscheiden, ob der Apfel noch gefallen seyn würde oder nicht. Wenn er alsdann noch fiele, (welches ihm noch sehr wahrscheinlich zu seyn schien, weil man in der Höhe des Baums sich keine gewisse bestimmte Grenze denken kann, wo der Apfel aufhören sollte zu fallen); wenn das also geschähe, so müßte der Apfel doch noch einige Schwere haben, die ihn gegen die Erde triebe. Also müßte auch der Mond, der sich mit dem Apfel an einerley Orte befände, mit eben der Gewalt, wie der Apfel, gegen die Erde getrieben werden. Da ihm aber doch der Mond nicht auf den Kopf fiel; so sah er ein, daß davon die Bewegung des Mondes die Ursache seyn könne, so wie eine Bombe über uns weg fliegen kann, ohne gerade herunter zu fallen. Diese Vergleichung der Bewegung des Mondes mit der Bewegung einer Bombe, brachte ihn dazu, die Sache genauer zu untersuchen; und durch Hülfe der höchsten Geometrie fand er, daß der Mond in seiner Bewegung eben den Gesetzen folgt, die man in der Bewegung einer Bombe wahrnimmt; so daß, wenn es möglich wäre in der Höhe des Mondes und mit derselben Geschwindigkeit eine Bombe zu werfen, diese eben die Bewegung wie der Mond haben würde. Er fand bloß diesen Unterschied, daß die Schwere der Bombe in dieser Entfernung von der Erde weit geringer als hier unten seyn würde. Ew. H. werden aus dieser Erzählung sehen, daß der Anfang der Schlüsse unsers Philosophen sehr leicht war, und vielleicht von des Bauers Schlüssen gar nicht unterschieden. Aber in der Folge erhoben sich jene unendlich weit über die Fä-

higkei-

higkeit des Bauers. Das ist also eine sehr merkwürdige Eigenschaft der Erde, daß alle Körper, die sich nicht nur auf ihr, sondern auch in sehr großen Entfernungen von ihr befinden, selbst bis zu der Entfernung des Mondes, eine Kraft haben, welche sie nach dem Mittelpunkte der Erde treibt; und diese Kraft ist die Schwere, die nach der Proportion abnimmt, wie die Körper sich von der Oberfläche der Erde entfernen. Auch dabey blieb der englische Philosoph noch nicht stehen; da er wußte, daß die Körper der Planeten unserer Erde vollkommen ähnlich sind; so schloß er, daß in der Nachbarschaft um jeden Planeten, die Körper, die sich dort befinden, auch schwer seyn müßten, und daß die Richtung dieser Schwere gegen den Mittelpunkt dieses Planeten gieng. Diese Schwere kann vielleicht größer oder kleiner seyn als auf der Erde: so daß ein Körper, der bey uns ein gewisses Gewicht hat, wenn man ihn auf die Oberfläche eines Planeten brächte, ein größeres oder kleineres bekommen würde. Endlich diese Kraft der Schwere jedes Planeten erstreckt sich auf sehr weite Entfernungen um ihn herum; und da wir sehen, daß der Jupiter vier Trabanten und der Saturn fünfe hat, die sich um sie herum bewegen: so kann man nicht zweifeln, daß die Bewegung der Trabanten des Jupiters, durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt des Jupiters verursacht werde; und die von den Trabanten des Saturns, durch ihre Schwere gegen den Mittelpunkt des Saturns. Eben so nun wie sich der Mond um die Erde bewegt, und die Trabanten um den Jupiter oder den Saturn, so bewegen sich alle Planeten selbst um die Sonne; woraus Newton die bekannte Folge gezogen hat, daß die Sonne ebenfalls eine Eigenschaft der Schwere habe, und das alle Körper, die sich um die Sonne herum befinden, gegen die Sonne durch eine Kraft getrieben werden, die

man die Sonnenschwere nennen könnte. Die Kraft erstreckt sich sehr weit um die Sonne herum, und weit über alle Planeten hinaus, indem eben durch die Kraft dieser Schwere ihre Bewegungen verursacht und bestimmt werden. Eben dieser Philosoph hat durch die Stärke seines Verstandes das Mittel gefunden, die Bewegung der Körper zu bestimmen, wenn man die Kraft kennt, welche sie nach einem gewissen Mittelpunkte treibt. Da er also einmal die Kräfte entdeckt hatte, mit denen die Planeten gegen ihren Mittelpunkt getrieben werden, so war er auch im Stande ihre Bewegung genau zu erklären. In der That befand man sich vor diesem Philosophen in einer tiefen Unwissenheit in Ansehung der Bewegung der himmlischen Körper; und nur ihm sind wir das große Licht schuldig, welches wir jetzo in der Astronomie finden. Ew. H. werden über den großen Fortgang erstaunen, den alle Wissenschaften aus einem dem Ansehen nach so leichten und einfachen Anfang gewonnen haben. Hätte sich Newton nicht in seinem Garten unter einem Aepfelbaume niedergelegt; und wäre ihm nicht von ungefähr ein Apfel auf den Kopf gefallen: vielleicht befänden wir uns noch in Ansehung der Bewegung der himmlischen Körper und tausend anderer Erscheinungen, die davon abhängen, in der alten Unwissenheit. Diese Materie verdient ganz die Aufmerksamkeit Ew. H. und ich hoffe, Sie bald von dieser Sache zu unterhalten.

den 3 Sept. 1760.

Drey

Drey und funfzigster Brief.

Ew. H. sehen wohl ein, daß das Newtonsche System viel Aufsehens gemacht haben muß, und das mit Recht; denn niemand hatte noch eine so glückliche Entdeckung gemacht, und die so viel Licht über alle Wissenschaften ausgebreitet hätte. Dieses System ist unter verschiedenen Namen bekannt, die man wissen muß, weil man oft in Gesprächen davon reden hört. Man nennt es das System der allgemeinen Gravitation, weil Newton nicht bloß der Erde, sondern allen himmlischen Körpern diese Eigenschaft zuschrieb, daß alle Körper mit einer der Schwere ähnlichen Kraft gegen sie getrieben würden; und von dem Wort Schwere oder Gravität ist eben das Wort Gravitation abgeleitet. Unterdessen ist diese Kraft ganz unsichtbar; und wir sehen nichts, das auf die Körper wirkte und sie gegen die Erde triebe: noch weniger bey den himmlischen Körpern. Wir bemerken eine beynahe ähnliche Erscheinung bey dem Magnet, gegen den Eisen und Stahl getrieben werden, ohne daß wir die Ursache sehen, die sie treibt; ob man gleich jetzo überzeugt ist, daß dieses durch eine äußerst dünne Materie geschehe, die durch die Poros des Magnets und des Eisens hindurch dringt. Unterdessen kann man doch sagen, daß der Magnet das Eisen an sich ziehe, und daß das Eisen von ihm angezogen werde, wenn man nur nicht durch diesen Ausdruck die wahre Ursache leugnet. Auf eben die Art wird man auch sagen dürfen, daß die Erde alle die Körper, die um sie sind, an sich ziehe, auch in sehr großen Entfernungen; und man wird die Schwere der Körper als die Wirkung der anziehenden Kraft der Erde ansehen können, die sich sogar bis auf den Mond erstreckt. Auch der Sonne und allen Planeten wird man eine ähnliche

anziehende Kraft zuschreiben können, durch welche alle Körper gegen sie gezogen werden. Nach dieser Art zu reden, sagt man, daß die Sonne die Planeten, und Jupiter und Saturn ihre Trabanten anziehen. Um dieser Ursache willen heißt das Newtonsche System auch das System der Attraction. Da ohne Zweifel die Körper, die sich nahe um den Mond befinden, auch gegen ihn durch eine der Schwere ähnliche Kraft getrieben werden: so wird man auch sagen können, daß der Mond die nahe gelegenen Körper an sich ziehe. Und vielleicht erstreckt sich diese anziehende Kraft des Mondes selbst bis auf die Erde; ob sie gleich alsdann ohne Zweifel sehr schwach ist; gerade so wie wir gesehen haben, daß die Attractionskraft der Erde bey dem Monde um einen beträchtlichen Theil schwächer wird. Dieses hat nun eben dieser Weltweise außer Streit gesetzt, indem er gezeigt hat, daß die Ebbe und Flut, wovon ich Gelegenheit haben werde ein andermal zu reden, durch diejenige Attraction verursacht werde, die der Mond gegen das Wasser des Meeres ausübt. Man kann also auch nicht mehr zweifeln, daß die Planeten, Jupiter und Saturn, gegenseitig von ihren Trabanten angezogen werden, und daß die Sonne auch von den Planeten eine Attraction leide, unerachtet diese sehr klein ist. Dieß hat das System der allgemeinen Attraction hervor gebracht, wo man mit Grunde behauptet, daß nicht bloß die Sonne die Planeten anzieht, sondern auch wieder von jedem Planeten angezogen wird; und daß selbst die Planeten gegen einander diese anziehende Kraft äußern. Also wird die Erde nicht bloß von der Sonne, sondern auch von allen übrigen Planeten angezogen, obgleich die anziehende Kraft dieser Planeten gegen die Kraft der Sonne beynahe unmerklich ist. Ew. H. werden leicht begreifen, daß die Bewegung eines Planeten, der nicht

ne von der Sonne, sondern auch von den andern Planeten angezogen wird, von der Bewegung ein wenig unterschieden seyn müsse, die er haben würde, wenn die Sonne allein ihn anzöge; und daß also die Attractionen der übrigen Planeten eine Unregelmäßigkeit in dieser Bewegung hervor bringen. Alle diese Unregelmäßigkeiten finden sich auch durch die Erfahrung bestätigt; und dieß hat eben das System der allgemeinen Attraction auf den hohen Grad der Gewißheit gebracht, daß kein vernünftiger Mensch mehr an der Wahrheit derselben zweifeln kann. Ich muß noch anmerken, daß die Kometen auch diesem Gesetze unterworfen sind: daß sie zwar vornehmlich von der Sonne angezogen werden, deren anziehende Kraft der Grund ihrer Bewegung ist; aber auch von allen Planeten eine Attraction leiden, besonders wenn sie nicht zu weit von ihnen entfernt sind. Denn das ist eine allgemeine Regel, die wir in der Folge sehen werden, daß die Attraction aller himmlischen Körper in der Entfernung sich vermindert, und in der Nähe sich vermehrt. Aber auch die Kometen sind mit einer Kraft der Attraction versehen, von der die andern Körper gegen sie gezogen werden, und das um so viel merklicher, je näher sie ihnen sind. Also, wenn ein Komet nahe bey einem Planeten vorbey geht, so kann seine anziehende Kraft die Bewegung desselben zerrütten; so wie die Bewegung des Kometen durch die Attraction des Planeten ein wenig geändert wird. Diese Folgen hat man alle durch die Beobachtungen wahr gefunden; und man kann schon gewisse Beyspiele anführen, die es beweisen, daß die Bewegung eines Kometen durch die Attraction der Planeten, in deren Nachbarschaft er vorüber geht; und umgekehrt, wider die Bewegung der Erde und der übrigen Planeten durch die Attraction der Kometen ist gestört worden. Die Fixsterne, da sie der Sonne ähnliche Körper sind, werden ebenfalls eine anziehende Kraft

 haben,

haben, von der wir aber ihrer ungeheuren Weite wegen keine Wirkung empfinden.

den 5 Sept. 1760.

Vier und funfzigster Brief.

Das ist also eine durch die festesten Gründe bewiesene Sache, daß unter allen himmlischen Körpern eine allgemeine Gravitation herrsche, durch die sie gegen einander getrieben werden; und daß diese Kraft desto größer sey, je näher sie einander sind. Das Factum kann nicht geleugnet werden; aber nun fragt sich, ob man es eine Impulsion oder eine Attraction nennen soll; ob es durch einen Stoß oder durch ein wirkliches Anziehen geschehe. In der Sache selbst ändert zwar der Name nichts. Die Wirkung ist dieselbe, ein Wagen mag von hinten gestoßen oder von vorne gezogen werden: eben so bekümmert sich der Astronom, der bloß auf die Wirkungen dieser Kraft aufmerksam ist, nicht, ob die himmlischen Körper gegen einander gestoßen, oder von einander angezogen werden; so wie der, der nur bloß die Erscheinungen auf unserer Erde untersucht, nicht darnach fragt, ob die Erde die Körper an sich zieht, oder ob die Körper gegen sie durch eine unsichtbare Ursache gestoßen werden. Aber wenn man in das Innere der Natur eindringen will, so ist es von großer Wichtigkeit, zu wissen, ob die himmlischen Körper durch den Stoß oder durch das Anziehen auf einander wirken; ob es eine feine und unsichtbare Materie gebe, die auf die Körper stößt, und sie gegen einander treibt, oder ob diese Körper irgend eine verborgene oder geheime innere Kraft haben, durch die sie sich einander wechselsweise anziehen. Die Philosophen sind darüber sehr getheilt. Die, welche die Bewegung durch den Stoß annehmen, nennen sich Impulsionairs; und die Anhänger der Attraction,

Attra-

Attractionisten. Newton war sehr für die Meynung der Attraction, und heut zu Tage sind alle Engländer eifrige Attractionisten, ob sie gleich zugestehen, daß es weder Seile noch andere zum Ziehen dienliche Maschinen gebe, durch welche die Erde die Körper an sich ziehen könne; noch weniger finden sie zwischen der Sonne und der Erde etwas, wovon sie glauben könnten, die Sonne bediene sich desselben, die Erde an sich zu ziehen. Wenn man einen Wagen den Pferden folgen sähe, ohne daß sie angespannt wären, und man sähe weder Seile noch irgend etwas, wodurch zwischen dem Wagen und den Pferden eine Verbindung gemacht würde: so würde man weit eher glauben, der Wagen würde von irgend einer Kraft, gesetzt daß man sie auch nicht gewahr würde, fortgestoßen, es müßte denn ein Spiel der Zauberey seyn. Unterdessen verlassen doch die Engländer ihre Meynung nicht. Sie behaupten sogar, daß es eine allen Körpern zukommende Eigenschaft sey, sich einander anzuziehen; daß diese Eigenschaft ihnen eben so wesentlich sey als die Ausdehnung; und daß es weiter nichts als den Willen des Schöpfers gebraucht habe, den Körpern diese Eigenschaft zu geben, und damit ist die ganze Frage aufgelöst. Gäbe es nur zwey Körper in der Welt, sagen sie, sie möchten so weit von einander entfernt seyn als sie wollten, so würde der Eine eine Neigung gegen den andern haben, und durch diese würden sie sich bald einander nähern und endlich vereinigen. Daraus folgt, je größer ein Körper ist, desto größer ist die Kraft, mit der er andere Körper anzieht. Denn weil diese Eigenschaft der Materie wesentlich ist, so wird ein Körper, je mehr Materie er enthält, desto mehr Kraft ausüben, andere Körper an sich zu ziehen. Weil demnach die Sonne die Größe aller Planeten weit übertrifft, so ist auch die anziehende Kraft, die sie hat, viel größer als der Planeten ihre. Sie bemerken auch,

daß

daß der Körper des Jupiters, der weit größer ist als die Erde, auch eine weit stärker anziehende Kraft gegen seine Trabanten äußert als die Erde gegen den Mond. Nach dieser Meynung ist die Schwere der Körper auf der Erde das Resultat aus allen den Attractionen, die diese Körper von allen Theilen der Erde leiden; und wenn die Erde mehr Materie enthielte als sie jetzo wirklich enthält, so würde ihre Attraction auch größer werden, und das Gewicht oder die Schwere der Körper würde vermehrt. Wenn im Gegentheil die Erde einen Theil ihrer Materie verlöre, so würde ihre anziehende Kraft kleiner und alle Körper weniger schwer werden. Man wirft diesen Philosophen vor: daß nach ihrer Meynung, zwey Körper, wenn man sie z. E. auf einen Tisch setzte, sich wechselsweise anziehen und sich also einander nähern müßten. Die Attractonisten geben diese Folge zu, aber sie sagen nur, daß hier die Attraction zu klein sey, als daß die Wirkung sichtbar seyn könne. Denn wenn die ganze Masse der Erde durch ihre anziehende Kraft, in jedem Körper nichts mehr als sein Gewicht oder seine Schwere hervor bringt: so wird ein Körper, der viel Millionen mal kleiner ist als die ganze Erde, auch eine eben so vielmal kleinere Wirkung hervor bringen. Nun wird man leicht zugeben, daß, wenn das Gewicht eines Körpers einige Millionen mal verringert würde, die Wirkung sich ganz verlieren müßte. Daraus folgt, daß, wenn die Körper, wenigstens einer von ihnen, nicht außerordentlich groß sind, das Anziehen nicht merklich seyn kann. Also von der Seite gewinnt man gegen die Attractionisten nicht viel. Sie führen dazu noch eine Beobachtung an, welche die Glieder der Pariser Akademie in Amerika gemacht haben: daß nahe bey einem sehr großen und hohen Berge, die benachbarten Körper eine ganz kleine Attraction von dem Körper des Berges gelitten hätten. Man darf also bey dem System der Attractionisten sich

nicht

nicht fürchten, auf falsche Folgerungen geführt zu werden. Vielmehr kann man schon zum voraus von der Wahrheit derselben gesichert seyn.

den 7 Sept. 1760.

Fünf und funfzigster Brief.

Ew. H. kennen die Eigenschaft des Magnets, daß er das Eisen an sich zieht; man sieht nämlich, daß kleine Stücke Eisen oder Stahl, z. E. Nadeln, wenn man sie in die Nähe des Magnets bringt, mit desto größerer Gewalt gegen den Magnet fortgezogen werden, je näher sie sind. Weil man nichts gewahr wird was sie gegen den Magnet stieße: so sagt man, der Magnet ziehe sie an, und die Wirkung selbst heißt Attraction. Man kann indessen nicht zweifeln, daß es eine sehr feine obgleich unsichtbare Materie gebe, die diese Wirkung hervor bringt, indem sie wirklich das Eisen gegen den Magnet stößt; aber da unsere Sprache sich bloß nach dem sinnlichen Schein richtet, so ist man bey dem Ausdrucke geblieben: der Magnet zieht das Eisen an sich. Obgleich diese Erscheinung dem Magnet und dem Eisen eigen ist, so ist sie doch sehr geschickt, das Wort Attraction, dessen sich die heutigen Philosophen so häufig bedienen, deutlich zu machen. Sie sagen also, daß allen Körpern überhaupt eine Eigenschaft zukomme, die des Magnets seiner ähnlich ist; und daß alle Körper in der Welt einander wechselsweise anziehen; aber daß die Wirkung nicht merklich wird, als wenn die Körper außerordentlich groß sind, und daß sie bey kleinen verschwindet. Ein Stein z. E. mag so groß seyn als er will, so äußert er gegen andere Körper, die man ihm nahe bringt, keine Attraction, weil seine Kraft zu klein ist, um die Attraction

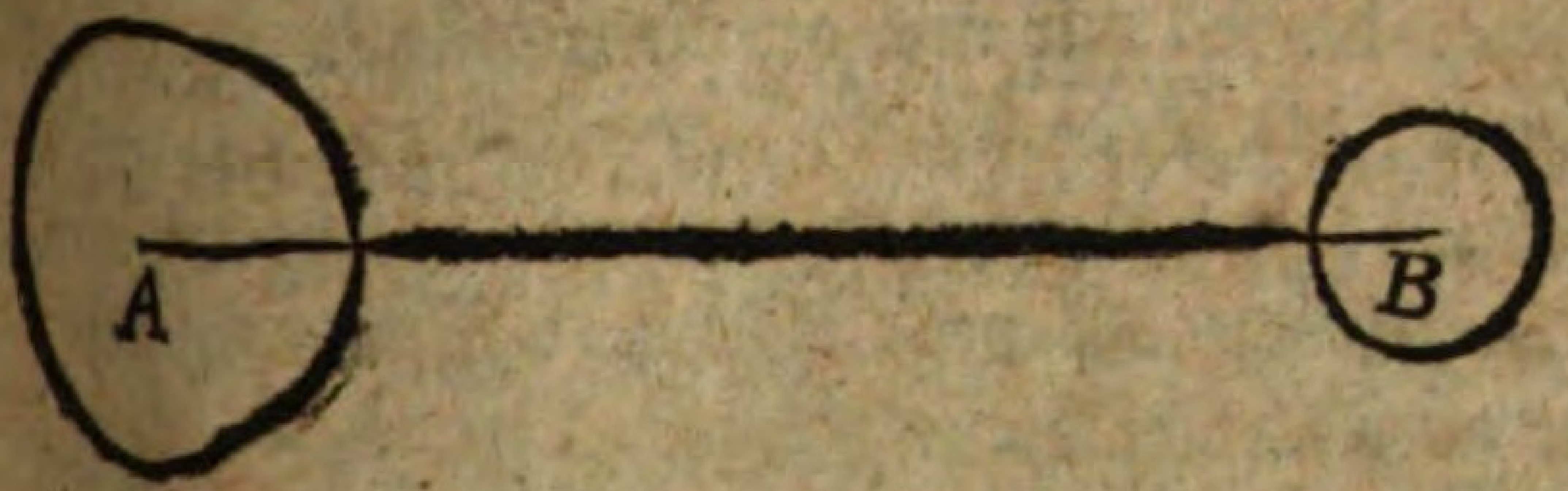
traction merklich zu machen. Aber vergrößerte man den Stein einige tausend mal, so würde endlich auch die Attraction merklich werden. Ich habe schon Ew. H. gezeigt, daß man in der That beobachtet haben will, daß ein großer Berg in Amerika eine kleine Attraction hervor gebracht hätte. Ein größerer Berg würde also eine merklichere, und ein noch größerer Körper, wie z. E. die ganze Erde, eine um so viel mal größere Attraction hervor bringen. Diese Kraft nun, mit der die ganze Erde alle Körper auf ihr an sich zieht, ist gerade die Schwere, durch die wir sehen, daß alle Körper wirklich gegen die Erde getrieben werden. Nach diesem System also ist die Schwere, die alle Körper nach unten fallen läßt, nichts anders als die Wirkung von der anziehenden Kraft der ganzen Erde. Wäre der Körper der Erde größer oder kleiner, so würde auch die Schwere der Körper größer oder kleiner seyn. Man sieht also ein, daß alle andere große Körper der Welt, z. E. die Sonne, die Planeten und der Mond, eine ähnliche aber größere oder kleinere anziehende Kraft haben, nachdem sie selbst größer oder kleiner sind. Da die Sonne einige tausendmal größer ist als die Erde, so übertrifft auch ihre anziehende Kraft, die Kraft der Erde um eben so vielmal. Man glaubt, daß der Körper des Mondes um vierzig mal kleiner sey als die Erde: daraus würde folgen, daß auch seine anziehende Kraft vierzigmal kleiner sey; und so ist es mit allen übrigen himmlischen Körpern.

den 9 Sept. 1760.

Sechs

Sechs und funfzigster Brief.

Vermöge des Systems der Attraction oder der allgemeinen Gravitation, zieht jeder himmlische Körper alle übrigen an sich, und wird von ihnen wieder angezogen. Um also von der Kraft zu urtheilen, mit welcher diese Körper einander anziehen, dürfen wir nur zwey Körper betrachten, die sich wechselsweise anziehen. Auf drey Sachen muß man alsdann Achtung geben; 1) auf den Körper, der den andern an sich zieht; 2) auf den der angezogen wird; 3) auf die Entfernung von einander; denn von diesen drey Stücken hängt die Kraft der Anziehung ab.



A sey der anziehende und B der angezogene Körper; beyde kugelförmig, weil dieses ungefähr die Gestalt der himmlischen Körper ist. Ihre Entfernung wird nach der Weite ihrer Mittelpunkte, das heißt, nach der Linie AB berechnet. In Ansehung des ersten Stücks also, der Größe des anziehenden Körpers A, muß man bemerken: je größer dieser Körper ist, desto größer wird auch die Kraft seyn, mit der er B an sich zieht. Wäre also der anziehende Körper A zweymal so groß als der angezogene B, so würde der Körper B mit einer doppelten Gewalt angezogen werden. Wäre er dreymal größer, so würde es die anziehende Kraft auch seyn; und so immer fort, voraus gesetzt, daß die Entfernungen immer dieselben blieben. Also wenn die Erde mehr oder

weniger Materie enthielte, so würden alle Körper mit einer größern oder geringern Gewalt angezogen werden, und ihr Gewicht würde um eben so viel größer oder kleiner seyn. Und da die ganze Erde durch die Sonne angezogen wird: so würde, wenn die Sonne größer oder kleiner wäre, die Erde stärker oder schwächer angezogen werden. 2) Was den angezogenen Körper B betrifft, so ist zu merken, daß, wenn der anziehende Körper A und die Entfernuug AB dieselbe bleibt, der Körper B mit einer desto größern oder geringern Gewalt gegen den Körper A angezogen wird, je größer oder kleiner er selbst ist. So, wenn der Körper B zweymal größer wäre, so würde er auch von A mit einer zweymal größern Kraft angezogen u. s. w. Um diese Sache noch mehr ins Licht zu setzen, dürfen wir nur an die Stelle des anziehenden Körpers A die Erde setzen, so wird die Kraft, mit welcher der Körper B angezogen wird, nichts anders als das Gewicht des Körpers B seyn. Nun wissen wir, je größer oder kleiner dieser Körper B ist, desto größer oder kleiner ist auch sein Gewicht; also sehen wir, daß, so lange der anziehende Körper A und die Entfernung unverändert bleiben, die Kraft, mit welcher der Körper B angezogen wird, genau mit der Größe dieses Körpers in Verhältniß steht. Diesen Umstand auszudrücken, bedient man sich in der Mathematik des Worts Proportionirt; und man sagt, daß die Kraft, mit welcher der Körper B gegen den Körper A angezogen wird, der Masse von B proportionirt sey; womit man anzeigen will, daß, wenn der Körper B zwey, drey, viermal so groß ist, die Kraft gerade um eben so vielmal größer seyn müsse. So sagt man bey dem ersten Punkte, wo man auf den anziehenden Körper A sieht, auf gleiche Weise, daß die Kraft, mit der B an A gezogen wird, der Masse des Körpers A proportionirt sey, wenn der Körper B und die Entfernung AB unverändert bleiben. Ich muß noch anmer-

anmerken, daß, wenn man hier von der Größe des anziehenden Körpers A oder des angezogenen Körpers B redet: man die Menge der Materie, die beyde enthalten, nicht bloß ihre Ausdehnung versteht. Ew. H. werden sich erinnern, daß die Körper in dieser Absicht sehr merklich unterschieden sind; und daß es Körper giebt, die in einem kleinen Raume sehr viel Materie enthalten, wie z. E. das Gold; da hingegen andere, z. E. die Luft, in einem größern Raume weniger Materie einschließen. Wenn man also hier von den Körpern redet: so muß man immer nach der Menge ihrer Materie, die man auch ihre Masse nennt, urtheilen. Es bleibt mir nichts übrig als den dritten Punkt zu untersuchen, das heißt, die Entfernung der beyden Körper A und B, wenn man die Masse von beyden immer einerley annimmt. In dieser Absicht muß man merken, daß, wenn man die Entfernung AB vergrößert, man die Attraction vermindere, und daß, wenn man diese Entfernung vermindert, die Attraction größer werde; aber nach einer Regel, die sich nicht leicht ausdrücken läßt. Wenn die Entfernung zweymal größer ist: so ist die Kraft, mit welcher der Körper B gegen den Körper A gezogen wird, 2 mal 2, oder 4 mal kleiner; für eine 3 mal größere Entfernung wird die Attraction 3 mal 3, das heißt, 9 mal kleiner. Wird die Entfernung 4 mal größer: so wird die anziehende Kraft 4 mal 4, das heißt, 16 mal kleiner, u. s. w. Also in einer 100 mal größern Entfernung wird die anziehende Kraft 100 mal 100, das heißt, 10,000 mal kleiner seyn; und so sieht man, das in sehr großen Entfernungen die anziehende Kraft endlich ganz unmerklich werden muß. Umgekehrt, wenn die Entfernung AB sehr klein ist: so kann die Attraction beträchtlich seyn, selbst wenn die Körper ziemlich klein sind.

den 11 Sept. 1760.

Sieben und funfzigster Brief.

Wenn ein Körper B durch einen andern Körper A angezogen wird, so habe ich gezeigt, daß die anziehende Kraft einmal der Masse des anziehenden Körpers, und zum andern der Masse des angezogenen proportionirt sey; und daß zugleich die Stärke dieser Attraction von der Entfernung der Körper dergestalt abhänge, daß, wenn die Entfernung 2, oder 3, oder 4, oder 5 mal größer wird, die anziehende Kraft 4, oder 9, oder 16, oder 25 mal kleiner wird. Um daraus ein allgemeiues Gesetz zu machen, muß man die Zahl, welche anzeigt wie vielmal die Entfernung vermehrt wird, in sich selbst multipliciren, und das Product wird zeigen, wie vielmal die Attraction kleiner geworden ist. Um diese Regel in ihr völliges Licht zu setzen, muß man bemerken, daß, wenn man eine Zahl in sich selbst multiplicirt, man das Product ein Quadrat nennt. Will man also die Quadrate finden, so darf man nur die Zahlen in sich selbst multipliciren:

	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mult. durch	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quadrat:	1	4	16	25	36	49	64	81	100	121	144

Verlangt man das Quadrat einer jeden andern Zahl zu wissen; z. E. 258, so muß man diese Zahl in sich selbst multipliciren:

```
  258
  258
 ----
 2064
1290
516
-----
66564
```

Das Quadrat also von 258 ist 66,564. Und auf eben die Art verfährt man mit allen andern Zahlen.

Weil

Weil man demnach die Entferuung der Körper in sich selbst multipliciren muß: so ist klar, daß die Attractionskraft eben so vielmal sich vermindert, als das Quadrat der Entfernung sich vermehrt; oder daß das Quadrat der Entfernung um so vielmal größer, als die anziehende Kraft kleiner wird. In diesen Sachen brauchen die Mathematiker, um sich verständlich zu machen, gewisse Ausdrücke, die man erklären muß, weil man sich zuweilen derselben in Gesprächen bedient. Wenn die Kraft der Attraction so zunähme wie das Quadrat der Entfernung zunimmt; so würde man sagen, daß sie mit den Quadraten der Entfernung einerley Verhältniß habe; aber weil gerade das Gegentheil geschieht, so daß die Kraft der Attraction so abnimmt wie das Quadrat der Entfernung sich vermehrt, so sagt man: daß die anziehende Kraft mit dem Quadrat der Entfernung in umgekehrtem Verhältniß stehe. Um also von der Kraft zu urtheilen, mit der ein Körper gegen einen andern angezogen wird, so braucht man nur zu bemerken, daß diese Kraft erstlich in ordentlichem Verhältniß mit der Masse des angezogenen Körpers sowohl als des anziehenden, und in umgekehrtem mit dem Quadrat der Entfernung stehe. Daraus ist sogleich klar: daß, obgleich die Erde und die Planeten von den Fixsternen angezogen werden, doch diese Kraft, ihrer ungeheuren Entfernung wegen, schlechterdings unmerklich werden muß. In der That, wenn man die Masse eines Fixsternes der Masse der Sonne gleich annimmt, so würde bey gleichen Entfernungen, die Erde mit eben der Gewalt gegen sie gezogen werden, mit welcher sie von der Sonne angezogen wird. Aber weil die Entfernung des Fixsterns 400,000 mal größer ist als der Sonne ihre, und das Quadrat dieser Zahl 160,000,000,000: so ist die Kraft, mit der die Erde gegen diesen Fixstern angezogen wird, hundert und sechzigtausend Millionen mal kleiner, als die, mit

der die Erde gegen die Sonue gezogen wird; und das wäre eine viel zu geringe Attraction, um die geringste merkliche Wirkung hervor zu bringen. Das ist die Ursache, warum die anziehende Kraft der Fixsterne in der Bewegung der Erde, der Planeten und des Mondes nichts ändert. Bloß die anziehende Kraft der Sonne verursacht und bestimmt die Bewegung der Planeten, weil die Masse der Sonne viele tausendmal die Masse jedes Planeten übertrifft. Unterdessen, wenn zwey Planeten sich einander so nahe kommen, daß ihre Entfernung kleiner wird als die Entfernung der Sonne, so wird ihre anziehende Kraft vermehrt, und könnte selbst merklich genug werden, um ihre Bewegung zu stören. Man wird in der That diese Störung gewahr; und das ist ein sehr starker Beweis für das System der Attraction oder der allgemeinen Gravitation. So wenn auch ein Komet sich einem Planeten sehr nähert, so kann dieser die Bewegung desselben sehr merklich verändern.

den 13 Sept. 1760.

Acht und funfzigster Brief.

Aus dem, was ich von der Kraft gesagt habe, mit der alle himmlische Körper einander in ordentlichem Verhältniß ihrer Größe oder Masse, und in umgekehrtem ihrer Entfernung, anziehen, werden Ew. H. leicht einsehen, wie man die Bewegung derselben bestimmen könne, um zu jeder Zeit für jeden Körper den wahren Ort zu finden, wo er stehen muß. Und darinn besteht eben die Wissenschaft der Astronomie; in einer genauen Kenntniß der Bewegung aller himmlischen Körper, um für jeden sowohl vergangenen als zukünftigen Augenblick den Ort bestimmen zu können, wo jeder himmlische Körper sich befinden muß; und an welchem Orte des Himmels er erscheint, wenn er von der Erde, oder von jedem

dem andern Orte der Welt, gesehen wird. Die Wissenschaft die von der Bewegung überhaupt handelt, heißt Mechanik oder Dynamik. Ihr Gegenstand ist, die Bewegung jedes Körpers zu bestimmen, wenn er durch jede beliebige Kraft fortgetrieben wird. Diese Wissenschaft ist eine der vornehmsten der Mathematik, und die, welche sich darauf legen, wenden alle ihre Kräfte an, die Mechanik vollkommen zu machen. Ihre Untersuchungen sind indeß so tiefsinnig und schwer, daß man sich nicht rühmen kann, sehr weit darinn fortgekommen zu seyn; und man muß sich mit einem langsamen und stufenweisen Fortgange begnügen. Erst seit zehn oder zwanzig Jahren hat diese Wissenschaft einen beträchtlichen Zuwachs erhalten; und die Preisfragen, welche die Pariser Akademie der Wissenschaften aufgiebt, sind vornehmlich über solche Materien. Die größte Schwürigkeit besteht in der Mehrheit der Kräfte, mit denen jeder himmlische Körper gegen die andern gezogen oder gestossen wird. Würde jeder Körper nur von einem einzigen andern Körper angezogen, so würde die Sache keine große Schwürigkeit haben; und der große Englische Mathematiker, Newton, hat schon die Bewegung zweyer Körper, die sich wechselsweise anziehen, nach dem Gesetze bestimmt, von dem ich die Ehre gehabt habe, mit Ew. H. zu reden. Nach diesem Gesetze würde man die Bewegung der Erde vollkommen wissen, wenn sie bloß gegen die Sonne angezogen würde, und es gäbe also nichts mehr zu untersuchen. Eben so wäre es mit den übrigen Planeten, wenn diese Körper nur von der Sonne angezogen würden. Aber da die Erde nicht von der Sonne allein, sondern zugleich von allen übrigen himmlischen Körpern angezogen wird: so wird die Frage unendlich verwickelter und schwerer, weil ihre Bewegung nunmehr ein Resultat aus der Wirkung vieler Kräfte ist. Zum Glück kann man die Kraft, mit der sie von den Fixster-

nen angezogen wird, aus der Acht lassen, weil die Fixsterne, so groß ihre Massen auch seyn mögen, doch so ungeheuer weit von der Erde sind, daß ihre Kräfte gar keine merkliche Wirkung mehr auf sie thun. Die Bewegung der Erde und der übrigen Planeten wird also vollkommen so seyn als wenn die Fixsterne gar nicht da wären. Außer der Kraft der Sonne braucht man also weiter keine Kraft als die, womit die Planeten sich unter einander anziehen, zu untersuchen. Auch diese Kräfte sind äußerst klein in Vergleichung gegen die, von welcher jeder Planet gegen die Sonne getrieben wird; die Ursache ist, weil die Masse der Sonne die Masse jedes Planeten so vielmal übertrifft, daß die anziehende Kraft, da sie mit der Masse in Verhältniß steht, ebenfalls in der Sonne um so vielmal größer seyn muß. Unterdessen weil diese Kräfte wachsen, wenn die Entfernungen abnehmen, so daß einer zweymal kleinern Entfernung eine viermal größere Kraft; einer dreymal kleinern eine neunmal größere zugehört, wie ich in meinem vorigen Briefe erklärt habe: so wäre es wohl möglich, daß zwey Planeten einander so nahe kämen, daß ihre anziehende Kraft der Sonne ihrer gleich käme oder sie auch gar überträfe. Glücklicher Weise ereignet sich dieser Fall in unserer Welt niemals, und die Planeten bleiben immer so weit von einander entfernt, daß ihre anziehende Kraft immer ohne Vergleich kleiner ist als die, mit der sie von der Sonne angezogen werden. Man kann also, wenn man auf weiter nichts sehen will, jeden Planeten sich so vorstellen als wenn er von der Sonne allein angezogen würde; und daraus würde es alsdann leicht seyn seine Bewegung zu bestimmen. Das geht aber nicht anders an, als wenn man nur obenhin die Bewegung der Planeten messen will; sobald es aber um eine größere Genauigkeit zu thun ist, sobald muß man auch auf die kleinern Kräfte Acht haben, mit welchen die Planeten selbst auf einander

ander wirken, und aus denen eben die kleinen Unregelmäßigkeiten und Abweichungen entstehen, die die Astronomen in ihren Beobachtungen gewahr werden. Von allen diesen Unregelmäßigkeiten in dem Laufe der Planeten Rechenschaft zu geben, daran arbeiten die Mechaniker und die Astronomen aus allen Kräften.

den 15 Sept. 1760.

Neun und funfzigster Brief.

Um das noch deutlicher zu machen, was ich von der Bewegung der himmlischen Körper, und den Kräften, welche die Ursachen derselben sind, gesagt habe: wird es gut seyn, Ew. H. das System der Welt oder eine Beschreibung der himmlischen Körper vorzulegen, aus denen dasselbe besteht. Zuerst muß man bemerken, daß die Fixsterne ganz der Sonne ähnliche und für sich leuchtende Körper sind; von der Sonne und von einander selbst ungeheuer weit entfernt, und jeder vielleicht so groß als die Sonne. Ich habe schon die Ehre gehabt, Ew. H. zu sagen, daß der nächste Fixstern wenigstens 400,000 mal weiter von uns sey als die Sonne. Jeder Fixstern scheint dazu bestimmt, eine gewisse Anzahl von Körpern zu erleuchten und zu wärmen, die unserer Erde ähnlich und ohne Zweifel so wie diese bewohnt sind; die sich um den Fixstern herum befinden, von uns aber ihrer ungeheuren Entfernung wegen nicht gesehen werden. Ob man gleich nicht durch Beobachtungen davon gewiß werden kann, so schließt man es doch eben so sicher aus ihrer Aehnlichkeit mit der Sonne, die dazu bestimmt ist unsere Erde und außerdem noch einige andere der Erde ähnliche Körper, die man Planeten nennt, zu erleuchten und zu wärmen. Man kennt vornehmlich sechs solche Körper, die von unserer Sonne Licht und Wärme bekommen. Diese Körper sind nicht in Ruhe, sondern bewe-

gen sich um die Sonne herum in einem Wege, der wenig von einem Zirkel unterschieden ist, und den man die Laufbahn jedes Planeten nennt. Die Sonne selbst, so wie alle Fixsterne, ist in Ruhe, und die Bewegung, die wir an ihnen sehen, ist ein bloßer sinnlicher Schein, der durch die Bewegung der Erde verursacht wird. Ich habe deswegen auf der beygefügten Tafel das was man das Sonnensystem heißt, vorgestellt, worunter man alle die Körper begreift, die sich um die Sonne bewegen, und so wie wir, ihr Licht und Wärme von dieser bekommen. Der große Fleck, den ich auf die Mitte des Papiers mit dem Zeichen ☉ gesetzt habe, zeigt die Sonne in Ruhe an. Um sie herum sind sieben Kreise, die die Laufbahnen vorstellen, in denen sich die Planeten um die Sonne herum bewegen. Der Planet, welcher der Sonne am nächsten ist, ist der Merkur, und wird durch das Zeichen ☿ angedeutet. Der kleine Fleck, den man dabey sieht, stellt den Körper des Merkur selbst vor, der seinen Weg um dit Sonnn in 88 Tagen ungefähr vollendet. Nach ihm kommt die Venus, die mit ♀ bezeichnet ist, und die Umwälzung um die Sonne ungefähr in 7 Monaten vollendet. Der dritte Kreis ist für unsere Erde, die das Zeichen ♁ hat, und ihren Umlauf um die Sonne in einem Jahre vollbringt. Ein Jahr ist nämlich nichts anders als die Zeit, welche die Erde zubringt, ihren Kreis um die Sonne zu durchlaufen. Aber indem sich die Erde um die Sonne dreht, bewegt sich ein anderer Körper um die Erde selbst, so daß er ihr immer auf ihrer Bahn folgt; und dieser Körper ist der Mond ☽, dessen Laufbahn in der Figur vorgestellt ist. Die beyden ersten Planeten ☿ und ♀ haben keine sichtbaren Körper, von denen sie begleitet werden, so wenig als der ♂, welcher der vierte ist, und seine Bahn um die Sonne ungefähr in zwey Jahren durchläuft. Der fünfte Kreis ist des Jupiters ♃ seiner, der seinen Umlauf

Zu pag. 201.

lauf ungefähr in zwölf Jahren vollendet. Um ihn bewegen sich die vier Trabanten, die in der Figur mit ihren Bahnen durch die Zahlen 1. 2. 3. 4. vorgestellt sind. Endlich der sechste und letzte Kreis ist die Laufbahn des Saturns ♄, der beynahe dreyßig Jahre braucht, um seinen Umlauf um die Sonne zu Ende zu bringen. So enthält also das Sonnensystem sieben Hauptplaneten, den Merkur ☿, die Venus ♀, die Erde ♁, den Mars ♂, den Jupiter ♃, und den Saturn ♄; und zehn Nebenplaneten, nämlich den Mond, vier Trabanten des Jupiters und fünfe des Saturns. Dieses System enthält noch überdieß viele Kometen, deren Anzahl sich nicht bestimmen läßt. In der Figur wird einer vorgestellt, dessen Laufbahn sich dadurch von der Bahn der Planeten unterscheidet, daß sie äußerst oval ist, und den Kometen bald ganz nahe an die Sonne bringt, bald so weit von ihr entfernt, daß er ganz unsichtbar wird. Von einem Kometen hat man bemerkt, daß er seinen Umlauf ungefähr in fünf und siebenzig Jahren endigt; und das ist der, den wir vergangenes Jahr gesehen haben. Von den andern Kometen ist es gewiß, daß sie mehrere Jahrhunderte brauchen ihre Bahnen zu durchlaufen; und da man in den vorigen Zeiten sie nicht genau genug beobachtet hat, so weiß man von ihrer Wiederkunft nichts. Aus diesen Körpern also besteht unser Weltsystem; und es ist sehr wahrscheinlich, daß jeder Fixstern ein ähnliches habe.

den 17 Sept. 1760

Sechzig-

Sechzigster Brief.

Zu dem was ich schon Ew. H. von dem Sonnensystem gesagt habe, muß ich noch einige Anmerkungen hinzu setzen, um die Figuren desselben zu erklären. Zuerst ist bekannt, daß es an dem Himmel keine solche Linien giebt, die den Planeten den Weg, den sie durchlaufen, bezeichneten; indem der ganze Himmelsraum, durch den sich die himmlischen Körper bewegen, leer oder vielmehr mit derjenigen feinen Materie angefüllt ist, die man den Aether nennt, von der ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. sehr umständlich zu unterhalten. Zum andern, die Laufbahnen der Planeten sind nicht alle in einerley Ebne, wie sie in der Figur sind; sondern wenn das Papier die Ebne wäre, in der die Sonne und die Bahn der Erde sich befände, so müßte man sich die Laufbahnen der fünf übrigen Planeten zum Theil über dem Papiere zum Theil unter demselben vorstellen; oder die Laufbahn jedes Planeten liegt schief, und würde also das Papier unter einem gewissen Winkel durchschneiden, den man aber in einer auf Papier gezeichneten Figur unmöglich vorstellen kann.

Drittens. Die Bahnen der Planeten sind keine Kreise, wie die Figur es anzuzeigen scheint, sondern sie sind ein wenig länglicht, die eine mehr, die andere weniger; und folglich sind die Planeten der Sonne einmal näher als das andere mal. Die Bahnen der Kometen unterscheiden sich dadurch, daß sie äußerst oval oder länglicht sind, wie ich es in der Figur angezeigt habe. Die Bahnen des Mondes und der Trabanten des Saturns und des Jupiters sind auch beynahe kreisförmig. Diese letztern darf man sich nicht immer an demselben Orte vorstellen, wo sie auf dem Papiere gezeichnet sind, sondern sie werden selbst zugleich mit dem Planeten, zu dem sie gehören, um die Sonne herum geführt.

Das

Das ist also die Bedeutung der Linien in der Figur. Die Einbildungskraft muß das ersetzen, was auf dem Papiere nicht vorgestellt werden konnte. Ew. H. werden daraus begreifen, was Fontenelle mit seinem Buche von mehr als einer Welt habe sagen wollen. Man nennt nämlich zuweilen die Erde mit allen ihren Bewohnern die Welt; und in dieser Absicht kann jeder Planete und jeder Trabante mit eben so viel Recht eine Welt heißen, weil er wahrscheinlicher Weise eben so gut Einwohner enthält als die Erde. Es gäbe also sechzehn Welten in dem einzigen Sonnensystem. Da ferner jeder Fixstern eine Sonne ist, um die eine gewisse Anzahl von Planeten und gewiß auch von Nebenplaneten ihren Umlauf nimmt: so giebt es beynahe unzählig viel solche Welten wie unsere Erde ist, indem die Anzahl der Sterne, die wir mit bloßen Augen sehen, weit über einige tausend geht; und die Fernröhren uns eine noch ungleich größere Anzahl entdecken. Will man unter dem Namen der Welt die Sonne mit samt den Planeten und Trabanten, die zu ihr gehören, und von ihr erleuchtet und erwärmet werden, verstehen: so hat man so viel Welten als Fixsterne. Versteht man aber endlich unter dem Worte Welt die Erde mit allen himmlischen Körpern, oder den Inbegriff aller erschaffenen Wesen: so ist von selbst klar, daß es nicht mehr wie eine Welt geben kann, zu der alles gehört was da ist. In diesem Verstande nimmt man das Wort Welt in der Philosophie, und vornehmlich in der Metaphysik, wo es ein Lehrsatz oder vielmehr eine Grundwahrheit ist: daß es nicht mehr als eine Welt gebe, die der Inbegriff aller erschaffenen vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Dinge ist. Hätte Fontenelle in diesem Verstande die Mehrheit der Welten behaupten wollen, so wäre es ganz gewiß ein Irrthum.

Indessen,

Indessen, wenn die Philosophen darüber streiten, ob diese Welt die beste sey oder nicht: so setzen sie nothwendig mehrere Welten als möglich voraus; eben weil sie behaupten, daß unter den mehrern möglichen Welten, die eben so gut hätten existiren können, die, welche wirklich da ist, die beste sey. Sie stellen sich Gott wie einen Baumeister vor, der bey Erschaffung der Welt mehrere von einander unterschiedene Plane vor sich gehabt, und unter diesen den besten, den, in welchem die meisten Vollkommenheiten im höchsten Grade vereiniget waren, gewählt habe, den er auch alsdann mit Ausschließung aller übrigen ausgeführt hätte. Diese Meynung scheint durch die Geschichte der Schöpfung bestätigt zu werden, wo ausdrücklich gesagt wird: das alles sehr gut war. Aber die große Anzahl der Uebel, die sich in der Welt finden, und die von der Bosheit der Menschen ihren Ursprung nehmen, veranlaßt einen sehr wichtigen Zweifel, nämlich: ob es nicht möglich gewesen wäre, eine Welt ohne Uebel zu erschaffen? Nach meinem Urtheile muß man zwischen Entwürfen zu einer Welt, die nur Körper enthält, und einer Welt, die denkende und frey handelnde Wesen enthält, unterscheiden. Im ersten Falle hätte die Wahl des Besten keine Schwürigkeit; aber im andern, wo freye und vernünftige Geschöpfe den vornehmsten Theil der Welt ausmachen, geht die Beurtheilung des Besten weit über unsern Verstand; und vielleicht trägt das Verderben der freyen Wesen selbst etwas zur Vollkommenheit der Welt auf eine unbegreifliche Art bey.

Es scheint, daß die Weltweisen auf diesen wichtigen Unterschied nicht Acht genug gehabt haben. Aber ich fühle mein Unvermögen mich in eine so schwere Untersuchung einzulassen.

den 19 Sept. 1760.

Ein

Ein und sechzigster Brief.

Um die Bewegung der Körper, die das Sonnensystem ausmachen, zu bestimmen, muß man die Hauptplaneten, den Merkur, die Venus, die Erde, den Mars, den Jupiter und den Saturn, von ihren Trabanten, dem Monde, den vier Trabanten des Jupiters und den fünfen des Saturns unterscheiden. Diese sechs Planeten werden vornehmlich von der Sonne angezogen; oder die Kraft, mit der sie gegen diese getrieben werden, ist ohne Vergleich größer als die Kräfte, mit denen sie sich unter einander anziehen. Die Ursache ist, weil die Masse der Sonne die Masse der Planeten so unendlich übertrifft; und weil die Planeten sich niemals einander so sehr nähern, daß das, was ihnen an Masse fehlt, durch ihre Nähe ersetzt werden, und ihre gegenseitige Kraft also gegen der Sonne ihre merklich werden könnte.

Würden die Planeten bloß von der Sonne angezogen, so würde ihre Bewegung regelmäßig und leicht auszumachen seyn. Aber die kleinen Kräfte, mit welchen die Planeten auf einander selbst wirken, bringen eben so kleine Abweichungen in dieser Bewegung hervor, welche die Astronomen durch ihre Beobachtungen zu entdecken, und die Mechaniker aus den Gesetzen der Natur zu erklären suchen. Es kommt hier immer auf die Auflösung dieser Aufgabe an: Aus den gegebenen Kräften, die auf einen Körper wirken, die Bewegung, welche dieser Körper haben wird, zu bestimmen. Nun kennt man nach den oben ausgemachten Grundsätzen, die Kräfte, die auf jeden Planeten wirken. So wird z. E. die Bewegung der Erde ein wenig zerrüttet, 1) durch die Anziehung der Venus, die zuweilen der Erde sehr nahe kommt; 2) durch die Attraction des Jupiters, die seiner Größe wegen zuweilen beträchtlich wird, ob er gleich immer sehr

weit entfernt bleibt. Die Masse des Mars ist, der Nähe ungeachtet in der er sich zuweilen befindet, zu klein; und Saturn, ob er gleich nach dem Jupiter der größte ist, zu weit entfernt, als daß ihre Wirkung etwas in der Bewegung der Erde ändern könnte. Der Mond, so klein er ist, macht doch seiner Nähe wegen, eine kleine Unordnung. Der Komet des vorigen Jahres war uns siebenmal näher als die Sonne, wenn ihre Entfernung am kleinsten ist: es ist also ziemlich wahrscheinlich, daß er die Bewegung der Erde wird gestört haben, besonders wenn seine Masse groß war, welches wir aber nicht wissen. Wäre dieser Komet so groß wie die Erde: so hätte die Wirkung sehr beträchtlich seyn müssen; aber seine scheinbare Kleinheit läßt mich vermuthen, daß sein Körper weit kleiner als die Erde gewesen sey, und also auch eine eben so vielmal kleinere Wirkung gethan habe. Zu der Zeit da wir den Kometen sahen, war er noch sehr entfernt von uns; und da er uns am nächsten kam, war er unsichtbar, aber unsere Antipoden mußten ihn sehr helle sehen. Was ich von den Unordnungen in der Bewegung der Erde gesagt habe, gilt auch von den übrigen Planeten, nach dem Verhältniß ihrer Masse und ihrer Nähe gegen die übrigen. Bey dem Monde aber und den übrigen Trabanten ist die Quelle und das Principium der Bewegung ganz verschieden. Der Mond ist so nahe bey der Erde, daß die Attraction desselben gegen die Erde weit stärker ist als seine Attraction gegen die Sonne; ob gleich die Masse der Sonne etliche tausendmal die Masse der Erde übertrifft. Daher kommt es, daß der Mond der Erde auf ihrer Bahn folgt, und an sie beständig gebunden ist; welches eben macht, daß man ihn als den Trabanten derselben ansieht. Wäre der Mond in eine weit größere Entfernung von uns gesetzt worden, so daß die Attraction gegen die Erde kleiner als gegen die Sonne gewesen wäre: so würde der

Mond ein Hauptplanete geworden seyn und sich um die Sonne bewegt haben. Nun wissen wir aber, daß der Mond der Erde 300 mal näher ist als der Sonne; es ist also begreiflich, daß er gegen die Erde hat können stärker angezogen werden. Weil also der Mond von zwey Hauptkräften angezogen wird, der Kraft der Sonne und der Kraft der Erde: so ist klar, daß seine Bewegung weit schwerer zu bestimmen seyn muß, als die Bewegung der Hauptplaneten, auf die nur eine einzige Kraft, die Kraft der Sonne, wirkt, wenn man die kleinen Unregelmäßigkeiten, von denen ich geredet habe, außer Acht läßt. In der That hat auch von je her die Bewegung des Mondes den Astronomen sehr viel zu schaffen gemacht; und sie haben es nicht dahin bringen können, für eine gegebene Zeit den Stand des Mondes ohne große Fehler vorher zu sagen. Ew. H. werden leicht einsehen, daß, um eine Mondfinsterniß vorher zu sagen, man genau den Stand des Mondes muß bestimmen können. In den vorigen Jahrhunderten, wenn man eine Mondfinsterniß berechnen wollte, irrte man sich oft um eine Stunde und mehr; die Finsterniß kam nämlich eine Stunde früher oder später als es nach der Rechnung seyn sollte. So viel Mühe sich auch die alten Astronomen gegeben haben, die Bewegung des Mondes zu ergründen: so sind sie doch immer noch sehr weit von der Wahrheit entfernt geblieben. Nur seit dem großen Newton hat man die wahren Kräfte entdeckt, die auf den Mond wirken, und hat nach Ueberwindung aller der Schwürigkeiten, die man in dieser Untersuchung gefunden hat, sich der Wahrheit endlich genähert. Ich selbst habe viel Zeit darauf gewandt, und Meyer in Göttingen, indem er den Weg verfolgte, den ich ihm eröffnet hatte, ist endlich zu einem Grade der Genauigkeit gekommen, den man beynahe nicht höher treiben kann. Nur erst seit zehn Jahren kann man sich rühmen, die

Bewegung des Mondes ziemlich zu kennen. Seit dieser Zeit ist man im Stande die Finsternisse genau zu berechnen, so daß man sich um nicht mehr als 1 Minute in der Zeit irrt, da man sich vorher um 8 Minuten und drüber geirrt hatte. Der Mechanik also ist man diese wichtige Entdeckung schuldig, die nicht bloß der Astronomie, sondern auch der Geographie und Schiffahrt die größten Vortheile verschafft.

den 23 Sept. 1760.

Zwey und sechzigster Brief.

Die anziehende Kraft der himmlischen Körper erstreckt sich nicht bloß auf den Körper der Erde im Ganzen, sondern auch auf alle Theile, aus denen er besteht. Also werden alle Körper, die wir auf der Oberfläche der Erde finden, nicht bloß von der Erde selbst angezogen, woraus ihre Schwere überhaupt, und das Gewicht eines jeden insbesondere entspringt; sondern sie werden auch gegen die Sonne und gegen alle andere himmlische Körper, mehr oder weniger, nach der Größe und Entfernung dieser Körper gezogen. Nun ist erstlich augenscheinlich, daß die Kraft, mit der ein Körper, z. E. ein Stein, gegen die Erde gezogen wird, ungleich größer seyn muß als die, womit er gegen die Sonne, den Mond und die übrigen Planeten gezogen wird, weil diese so weit von ihm entfernt sind. Ein Körper auf der Oberfläche der Erde, da er vom Mittelpunkte derselben um den halben Erddiameter entfernt ist, ist sechzigmal weiter vom Monde entfernt. Wenn also der Mond eben so groß wäre als die Erde: so würde die Attraction dieses Körpers gegen den Mond 60 mal 60 oder 3600 mal kleiner seyn, als die Attraction desselben gegen die Erde, daß heißt, seine Schwere. Es ist aber der Mondskörper ungefähr siebenzigmal kleiner als die Erde; also wird die anziehende

Kraft

Kraft des Mondes ungefähr 70 mal 3600, das heißt, 252,000 mal kleiner sey als seine Schwere. Ferner, obgleich die Sonne einige tausendmal größer ist als die Erde: so ist sie doch 24000 mal weiter von uns als der Mittelpunkt der Erde; und also muß die Attraction der Sonne auf einen Stein, gegen die Schwere desselben unendlich klein seyn. Ew. H. sehen also daraus, daß die Schwere der irdischen Körper, die nichts anders als die Kraft ist, mit der sie von der Erde angezogen werden, nicht sehr merklich durch die Anziehung der himmlischen Körper kann verändert werden. Unterdessen, so klein auch die Attraction ist: so entsteht doch daraus ein Phänomen, das die Philosophen immer sehr beunruhigt hat, ich meyne die Ebbe und Fluth. Man spricht davon so oft in den gewöhnlichen Unterredungen, daß es beynahe nothwendig geworden ist, einen Begriff davon zu haben. Und aus dieser Ursache werde ich Ew. H. sowohl eine umständliche Beschreibung dieser Erscheinung selbst, als eine Erklärung der Ursachen derselben geben. Ich fange mit der Beschreibung dieser Erscheinung an, die unter dem Namen der **Ebbe und Fluth** bekannt ist. Man weiß, daß der größte Theil der Oberfläche der Erde mit Wasser bedeckt ist, welches man das Meer oder den Ocean nennt. Diese große Sammlung von Wasser ist von den Flüssen und Landseen sehr unterschieden; diese enthalten nach den verschiedenen Jahreszeiten bald mehr bald weniger Wasser; im Meere hingegen bleibt die Menge des Wassers beynahe immer dieselbe. Unterdessen merkt man doch, daß das Meer jeden Tag zweymal wächst und abnimmt, und zwar nach gewissen Regeln. Z. E. wenn jetzo in einem Hafen das Meer sich in seiner größten Höhe befindet: so wird es bald anfangen abzunehmen; und diese Abnahme dauert sechs Stunden fort, da die Höhe alsdann die kleinste ist. Nach diesen sechs Stunden fängt das Meer wieder an

zu wachsen, und dieses Zunehmen währt andere sechs Stunden, nach welcher Zeit wieder das Meer seine größte Höhe erreicht; von da fällt es von neuem in sechs Stunden und kommt in eben so vieler Zeit wieder zurück, so daß innerhalb 24 Stunden das Meer zweymal gestiegen und zweymal gefallen, und wechselsweise zur größten und zur kleinsten Höhe gelangt ist. Diese abwechselnde Vermehrung und Verminderung des Meerwassers ist es, was man die Ebbe und Fluth nennt; und insbesondere heißt Fluth die Zeit, in der das Wasser steigt, und Ebbe die Zeit, in der es fällt. Von diesem wechselsweisen Steigen und Fallen des Wassers im Meere, werde ich nun die Ehre haben, Ew. H. zu unterhalten.

Zuförderst merkt man an, daß der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Höhe des Meeres nach den Mondsvierteln abwechselt. Im Voll- und Neumonde erhebt sich das Wasser mehr als in den Vierteln; und gegen die Nachtgleichen im Monat März und September ist diese abwechselnde Bewegung des Meers am beträchtlichsten. Man merkt noch überdieß eine große Verschiedenheit nach der Lage der Küste. An einigen Orten steigt die Fluth nicht über einige Fuß; an andern hingegen erhebt sie sich bis auf 40 Füße und drüber. Dieß ist z. E. die Höhe der Fluthen bey dem Hafen zu Bristol in England.

Es ist noch zu merken, daß diese Erscheinung vornehmlich im Ocean wahrgenommen wird, wo das Wasser einen sehr großen Raum einnimmt, und daß in den engen oder eingeschloßnen Meeren, dergleichen das Balthische und das Mittelländische ist, Ebbe und Fluth nicht beträchtlich sind. Die Zwischenzeit von der Ebbe bis zur folgenden Fluth ist auch nicht gerade sechs Stunden, sondern 11 Minuten drüber, so daß diese Veränderungen den folgenden Tag nicht mehr an denselben Stunden geschehen,

schehen, sondern 3 Viertelstunden später; und erst nach dreyßig Tagen treffen sie wieder zu derselben Stunde ein; welches gerade die Zeit von einem Umlaufe des Mondes, oder die Zeit von einem Neumonde zum andern ist.

den 26 Sept. 1760.

Drey und sechzigster Brief.

Wenn das Meerwasser sich an einem gewissen Orte erhebt oder größer wird, so darf man sich nicht einbilden, daß das Wasser durch irgend eine in ihm vorgehende Veränderung aufschwelle, wie die Milch, wenn man sie in einem Gefäße ans Feuer setzt. Die Erhebung des Meers wird durch einen wirklichen Anwachs des Wassers verursacht, das von andern Orten herzu fließt. Es ist ein wahrer Strom, den man sehr wohl auf dem Meere merken kann, und der das Wasser den Oertern zuführt, wo die Fluth ist. Um das deutlicher einzusehen, muß man bedenken, daß in dem ungeheuren Raume des Oceans es immer Oerter giebt, wo das Wasser niedrig ist, wenn es an andern hoch steht. Und das sind eben die Oerter, von welchen das Wasser diesen zugeführt wird. Wenn also das Wasser an einem Orte steigt: so ist allemal ein großer Strom im Meere, der das Wasser von andern Orten, wo es zu eben der Zeit fällt, herzu führt. Es ist also falsch, wenn man mit einigen Schriftstellern glaubt, daß während der Fluth die ganze Masse des Wassers größer werde, und während der Ebbe abnehme. Die Masse oder der Raum, den das ganze Meer zusammen genommen einnimmt, bleibt immer einerley; aber es herrscht darauf eine Art von schwankender Bewegung, wodurch das Wasser wechselsweise von der einen Gegend zur andern geführt wird. Und wenn das Wasser an dem einen Orte hoch ist, so

ist es nothwendig an einem andern Orte niedrig, und zwar so, daß das Wachsthum an den Oertern, wo das Wasser hoch ist, gerade der Abnahme an den andern, wo es niedrig steht, gleich ist. Das ist also eigentlich das Phänomen der Ebbe und Fluth, welches die alten Philosophen umsonst zu erklären gesucht haben. Der große Aristoteles gerieth darüber so in Erstaunen, daß, als er mit Alexandern dem Großen in Ostindien war, er dem Meere, da es sich bey der Ebbe zurück zog, nachfolgen wollte; aber die Rückkehr des Wassers in der Fluth überfiel ihn so schnell, daß er nicht Zeit hatte sich zu retten; und man weiß also nicht, was für Betrachtungen er bey diesem traurigen Versuche mag angestellt haben. Kepler, der sonst ein großer Astronome und eine Zierde Deutschlands war, glaubte, daß die Erde eben so wie alle himmlische Körper, ein wirklich lebendiges Thier sey; und sah die Ebbe und Fluth als die Wirkung von dem Athemholen desselben an. Nach der Meynung dieses Philosophen waren die Menschen und die Thiere nichts anders als die Insekten, die sich von der Haut dieses großen Thieres nährten. Ew. H. werden mich leicht davon frey sprechen, eine so seltsame Meynung zu widerlegen. Cartesius, dieser große Französische Philosoph, suchte in die Philosophie mehr Licht zu bringen, und beobachtete zuerst, daß die Ebbe und Fluth sich vornehmlich nach der Bewegung des Mondes richte, welches ohne Zweifel eine große Entdeckung war, ob gleich die Alten schon etwas von dieser Verbindung zwischen beyden Erscheinungen muthmaßten. Denn wenn z. E. das hohe Meer oder die Fluth heute zu Mittage ist: so wird um 6 Uhr 11 Minuten des Abends Ebbe seyn; 22 Minuten nach Mitternacht ist wieder die größte Höhe des Meeres, und um 6 Uhr 33 Minuten des andern Morgens die größte Erniedrigung; und endlich kommt das hohe Meer oder die Fluth den folgenden Tag 3 Viertel nach 12 Uhr; so

daß

daß von einem Tage zum andern dieselben Veränderungen um 3 Viertelstunden später werden. Da nun gerade eben das bey der Bewegung des Mondes geschieht, daß er den folgenden Tag 3 Viertelstunden später als den vorhergehenden aufgeht; so war es natürlich zu vermuthen, daß Ebbe und Fluth dem Lauf des Mondes folgte. Wenn z. E. an einem Orte den Tag des Neumonds die Fluth um 3 Uhr Nachmittags kommt: so kann man sicher seyn, daß künftig allemal am Tage des Neumonden die Fluth um 3 Uhr Nachmittags, und jeden folgenden Tag um 3 Viertelstunden später kommen wird. Ferner richtet sich nicht nur die Zeit, wenn jede Ebbe und Fluth kommt, genau nach dem Laufe des Mondes; sondern auch die Größe der Fluthen steht mit dem Monde in einer gewissen Verbindung. Allenthalben sind die Fluthen im Voll- und Neumonde am größten; das heißt, zu der Zeit erhebt sich das Meer mehr als zu jeder andern; uud in dem ersten und letzten Viertel ist die Höhe des Wassers bey der Fluth am kleinsten. Diese Uebereinstimmung zwischen den Fluthen und der Bewegung des Mondes, ist ohne Zweifel Grund genug, darauf zu schließen, daß der Mond die vornehmste Ursache von der Ebbe und Fluth seyn müsse. In der That glaubte Cartesius auch, der Mond, indem er über uns weg geht, drücke auf die Atmosphäre oder die Luft, welche die Erde umgiebt; die Luft drücke hinwiederum auf das Wasser, und dieses müsse also niedriger werden. Wäre das: so müßte das Wasser an den Orten niedrig seyn, über welchen der Mond steht; und 12 Stunden hernach bey der nächsten periodischen Bewegung des Meers müßte eben die Wirkung erfolgen. Aber das geschieht nicht. Außerdem ist der Mond zu weit von der Erde entfernt, und die Atmosphäre zu niedrig als daß der Mond sie erreichen könnte; und gesetzt, der Mond oder ein anderer großer Körper gienge durch die

 Atmo-

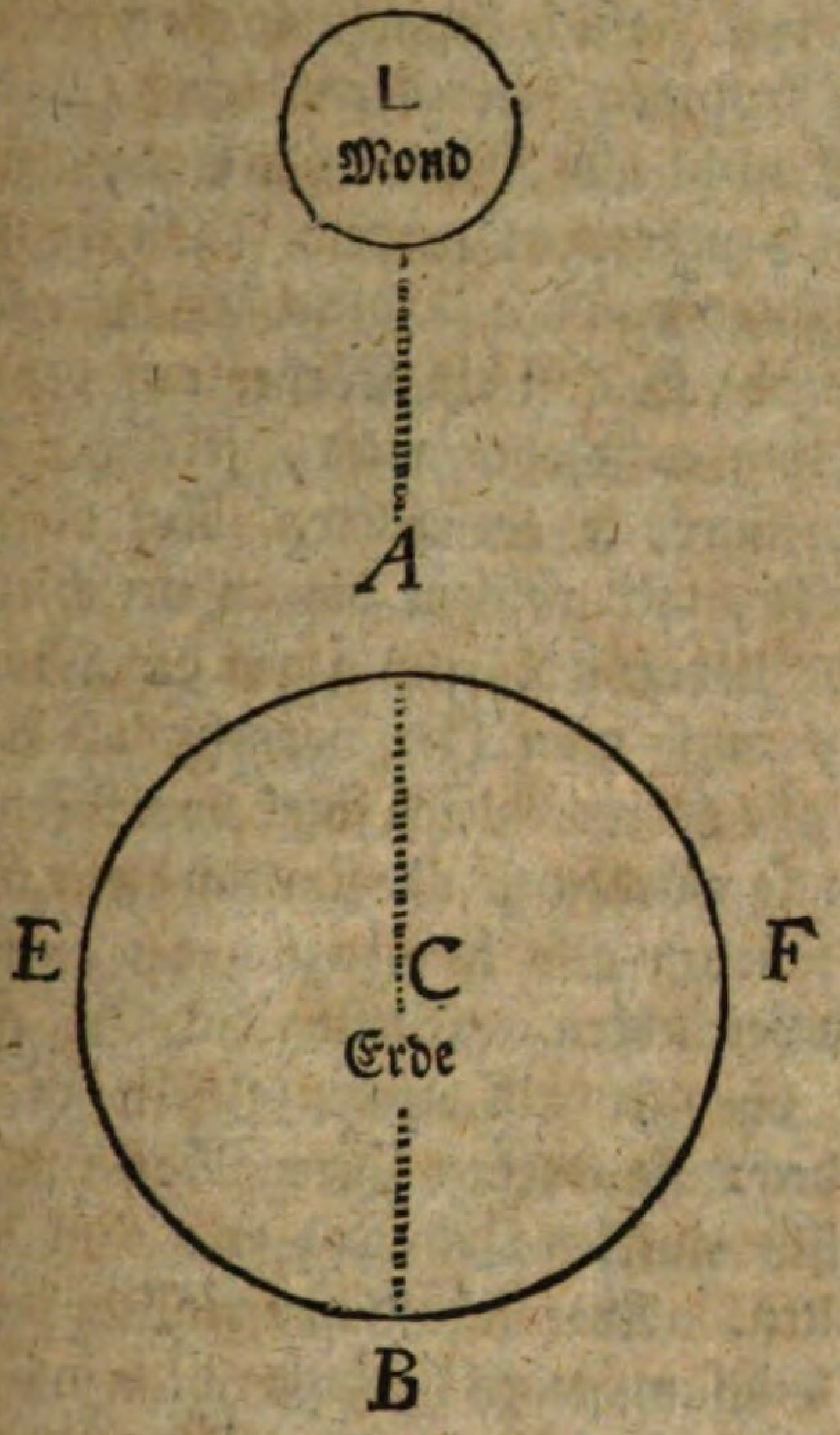
Atmasphäre, so würde sie doch nicht davon gedrückt werden, noch weniger würde das Meer diesen Druck empfinden. Dieser Versuch des Cartesius, die Ebbe und Fluth zu erklären, mislung ihm also; dadurch aber, daß er die Verbindung dieser Erscheinung mit der Bewegung des Mondes außer Streit gesetzt hat, hat er seine Nachfolger in den Staud gesetzt, mit besserm Erfolg ihre Einsicht zu dieser Erklärung anzuwenden. Davon werde ich in der Folge die Ehre haben, Ew. H. zu unterhalten.

den 30 Sept. 1760.

Vier und sechzigster Brief.

Da die Methode des Cartesius, die Ebbe und Fluth durch den Druck des Mondes auf die Atmosphäre zu erklären, nicht gelungen war: so war es vernünftiger, die Ursache derselben in der Attraction zu suchen, die der Mond auf die ganze Erde, und also auch auf das Meer ausübt. Da die anziehende Kraft aller himmlischen Körper schon durch so viel andere Erscheinungen hinlänglich bestätigt ist: so darf man kein Bedenken tragen, sie auch für die Ursache der Ebbe und Fluth anzugeben. In der That, sobald wir annehmen, daß der Mond so wie alle übrige himmlische Körper die Kraft habe, alle andere Körper nach dem Verhältnisse ihrer Massen und dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen, an sich zu ziehen: so sieht man leicht ein, daß das Meer, als ein flüßiger Körper, gegen die Wirkung dieser Kraft nicht unempfindlich seyn könne; und das um desto mehr, da, wie Ew. H. oft werden bemerkt haben, ein flüßiger Körper auch durch die kleinste Kraft in Bewegung kommt. Es kommt nur darauf an, zu untersuchen, ob die anziehende Kraft des Mondes, so wie wir sie voraus setzen, in der That im Stande ist, die Bewegung

gung im Meere hervor zu bringen, die wir unter dem Namen der Ebbe und Fluth kennen.



In der beystehenden Figur soll die Erde und der Mond vorgestellt seyn. A ist der Ort, wo men den Mond über sich sieht; und B ist der gerade entgegenstehende Ort, wo die Antipoden sich befinden. Weil nun der Punkt A dem Monde näher ist als der Punkt B, so wird ein Körper in A stärker gegen den Mond gezogen als ein ähnlicher Körper in B; und wenn wir uns einen dritten ähnlichen Körper im Mittelpunkte der Erde vorstellen: so ist klar, daß der Körper C stärker als der Körper B, und weniger als der Körper A von dem Monde wird angezogen werden, weil der Körper A dem Monde

de näher, und B weiter von ihm entfernt ist als der Körper C. Aehnliche Körper in E und F werden beynahe eben so stark gegen den Mond gezogen wie der im Mittelpunkte C, weil sie sich beynahe in eben der Entfernung vom Monde befinden, wie der Körper C. Wir sehen daraus, daß nicht alle Körper der Erde gleich stark gegen den Mond angezogen werden. Die Ungleichheit der Attraction hängt von der Ungleichheit ihrer Entfernung vom Monde ab; so daß ein Körper auf der Erde desto stärker von ihm angezogen wird, je näher er ihm ist, und desto weniger, je entfernter. Auf diese Ungleichheit der Kräfte, mit welchen die an verschiedenen Oertern der Erde liegende Körper gegen den Mond angezogen werden, muß man hier vornehmlich Acht haben. Denn wenn alle Körper gleich stark vom Monde angezogen würden: so würden sie alle zugleich dieser Kraft nachgeben, und würden also ihre Lage gegen einander nicht im geringsten verändern. Stellen sich Ew. H. mehrere Wagen vor, die mit vollkommen gleichen Kräften fortgezogen werden: sie werden ihren Weg verfolgen und doch unter sich einerley Ordnung und eben die Entfernungen behalten. Aber sobald einige Wagen geschwind und andere langsam gehen, sobald wird die Ordnung gestört. Eben so verhält es sich mit den verschiedenen Körpern auf der Erde, die vom Monde angezogen werden. Wenn alle diese Körper gleich stark angezogen würden, so behielten sie alle ihre gegenseitige Lage, und wir würden keine Veränderung bey ihnen gewahr werden. Aber sobald die Kräfte, mit denen sie gegen den Mond gezogen werden, ungleich sind, sobald wird ihre Ordnung und ihre Lage unter einander zerrüttet; wofern nicht diese Körper durch solche Bande an einander geknüpft sind, die durch diese Kräfte nicht können getrennt werden. Das kann aber bey flüßigen Körpern, z. E. dem Meere, nicht statt finden, weil eben darinnen ihr

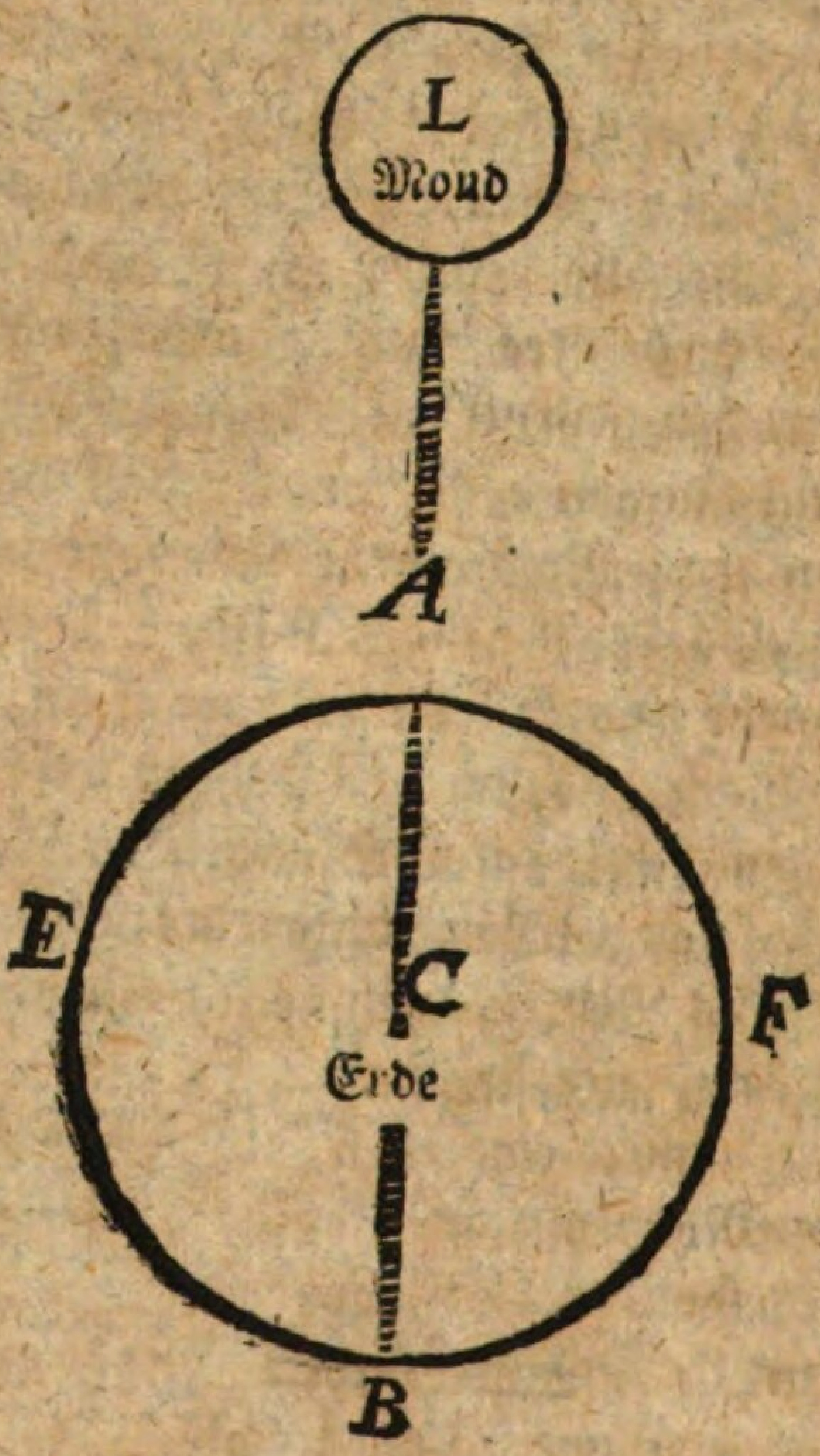
Eigenthümliches besteht, daß alle ihre Theile sich leicht von einander trennen lassen, und jeder frey den Eindrücken folgen kann, die ihn in Bewegung setzen. Es ist also klar: sobald die Kräfte, die auf die verschiedenen Theile des Meeres wirken, nicht gleich sind, sobald muß in ihrer natürlichen Lage eine Zerrüttung und Veränderung entstehen. Nun hat man gesehen, daß die verschiedenen Theile des Meeres auf eine ungleiche Weise vom Monde angezogen werden, nach dem sie von dem Mittelpunkte des Mondes ungleich entfernt sind; also folgt daraus: daß das Meer durch die Kraft des Mondes in Bewegung gesetzt werden muß, und daß, da der Mond seinen Stand gegen die Erde beständig ändert, und um sie herum seinen Weg in 24 und 3 Viertelstunden macht, das Meer nach einem Zwischenraume von 24 Stunden eben die Veränderungen erfahren und eben die Erscheinungen geben muß; daß heißt, Ebbe und Fluth muß jeden Tag um 3 Viertelstunden zurück bleiben; welches gerade der Fall ist, wie ihn die Erfahrung zeigt. Jetzo kommt es darauf an, zu zeigen, auf welche Weise die abwechselnde Höhe und Erniedrigung des Meeres, wovon eine in 6 Stunden 11 Minuten auf die andere folgt, aus der Ungleichheit der Kräfte des Mondes entstehen kann, und das nehme ich mir vor in meinem nächsten Briefe zu untersuchen.

den 4 Oct. 1760.

Fünf=

Fünf und sechzigster Brief.

Der Mond bringt, wie Ew. H. gesehen haben, keine Veränderung in dem Zustande der Erde hervor, als nur in so fern er auf die verschiedenen Theile derselben ungleich wirkt. Denn wenn alle Theile gleich stark von ihm angezogen würden, so würden sie sich auch alle zugleich gegen ihn bewegen; und also in ihrer Lage unter einander würde keine Veränderung vorgehen.



Aber ein Körper in A, der dem Monde näher ist als der Mittelpunkt der Erde, wird auch stärker von ihm angezogen. Er wird sich ihm also geschwinder nähern als ein Körper in C. Daraus entsteht nothwendig, daß

der Körper A sich vom Mittelpunkte C gegen den Mond zu entfernt, so wie, wenn von zwey Wagen, die in A und in C wären, der Wagen in A mit größerer Gewalt gegen L gezogen würde als der in C, sich der Wagen A vom Wagen C entfernen müßte. Daraus ist klar: daß die Kraft des Mondes sich bemüht, den Punkt A vom Punkte C zu entfernen. Einen Körper aber vom Mittelpunkte der Erde entfernen, heißt ihn erheben; und da also hier vom Wasser die Rede ist, daß sich in A befände: so ist ausgemacht, daß die Kraft des Mondes das Wasser in A zu erheben bemüht ist; und zwar mit einer Kraft, die dem Ueberschusse gleich ist, um den der Punkt A stärker vom Monde angezogen wird als der Punkt C. Durch diese Kraft also erhebt der Mond das Wasser, das sich auf der Erde gerade unter ihm befindet. Nun wollen wir auch den Körper in B betrachten, der dem Punkte A gerade gegenüber steht. Dieser Körper, da er weniger von dem Monde angezogen wird als ein ähnlicher im Mittelpunkte liegender Körper, so wird sich der Mittelpunkt mehr dem Monde nähern als der Punkt B; und dieser wird also, so zu sagen, zurück bleiben, eben so wie ein Wagen der langsamer geht, hinter dem der vor ihm ist. Die Wirkung davon wird seyn, daß der Punkt B sich vom Mittelpunkte C entfernen und sich also erheben wird, weil sich erheben nichts anders heißt als sich vom Mittelpunkte entfernen. Daraus ist klar, daß die Kraft des Mondes nicht bloß das Wasser, das sich in A befindet, sondern auch das am gerade entgegen gesetzten Orte in B zu erheben sucht. Nun, wenn die Leute in A den Mond gerade über sich haben, so sehen die in B den Mond gar nicht, weil er alsdann den ihrem Zenith gerade entgegen gesetzten Ort am Himmel, welcher der Nadir heißt, einnimmt. Man sieht also, daß an allen Orten des Meeres das Wasser sich eben so wohl erheben müsse, wenn der Mond in dem Nadir des Orts als

wenn

wenn er in dem Zenith desselben steht, das heißt, sowohl wenn der Mond am tiefsten unter dem Horizonte als wenn er am höchsten über ihm ist. In den mittlern Zeiten, wenn der Mond beym Auf- oder Untergehen am Horizonte selbst steht, äußert er keine Kraft das Meer zu erheben, vielmehr entsteht alsdann eine kleine entgegen gesetzte Kraft, die das Meer niedriger macht. Nach diesem System muß die Kraft des Mondes an dem Orte des Meeres, in dessen Zenith er steht, das Wasser zu erheben suchen. Ungefähr 6 Stunden darnach wenn er an den Horizont gekommen ist, muß seine Kraft eine Wirkung auf das Wasser thun, die dasselbe zum fallen bringt. Zwölf Stunden 22 Minuten darauf, wenn der Mond in der größten Tiefe unter dem Horizonte steht, muß er eben die Gewalt anwenden, das Wasser zu erheben; nach 18 Stunden 33 Minuten kommt er wieder an den Horizont herauf, und dann muß er wieder den Fall des Wassers bewirken; endlich nach 24 Stunden 45 Minuten von dem ersten Zeitpunkte an gerechnet, steht er am Zenith des Himmels, und fängt von neuem an wie den vorhergehenden Tag, das Wasser zum Steigen zu bringen. Alles dieses stimmt genau mit den Erfahrungen überein. Diese Abwechselungen von Erhebung und Erniedrigung des Meeres in Zwischenräumen von 6 Stunden 11 Minuten, da sie eine so große Gleichförmigkeit mit der Bewegung des Mondes haben, lassen nicht daran zweifeln, daß die Ebbe und Fluth durch die anziehende Kraft des Mondes hervor gebracht werde. Der merkwürdigste Umstand ist, daß der Mond auf eben die Art zur Erhebung des Meeres wirkt, wenn er in der größten Höhe über dem Horizonte, als in der größten Tiefe unter dem Horizonte steht. Das hat anfangs den Philosophen sehr befremdend geschienen, weil sie sich einbildeten, der Mond müsse, wenn er unter dem Horizonte steht, gerade die entgegenstehende Wirkung von

der

der thun, die er im Zenith hervorbringt. Aber Ew. H. werden jetzt deutlich sehen, wie es zugeht, daß der Mond in zwey ganz entgegen gesetzten Standörtern doch einerley Wirkung hervorbringen kann, da ich bey der obern Figur gezeigt habe, daß in A und B die Wirkung des Mondes dieselbe sey.

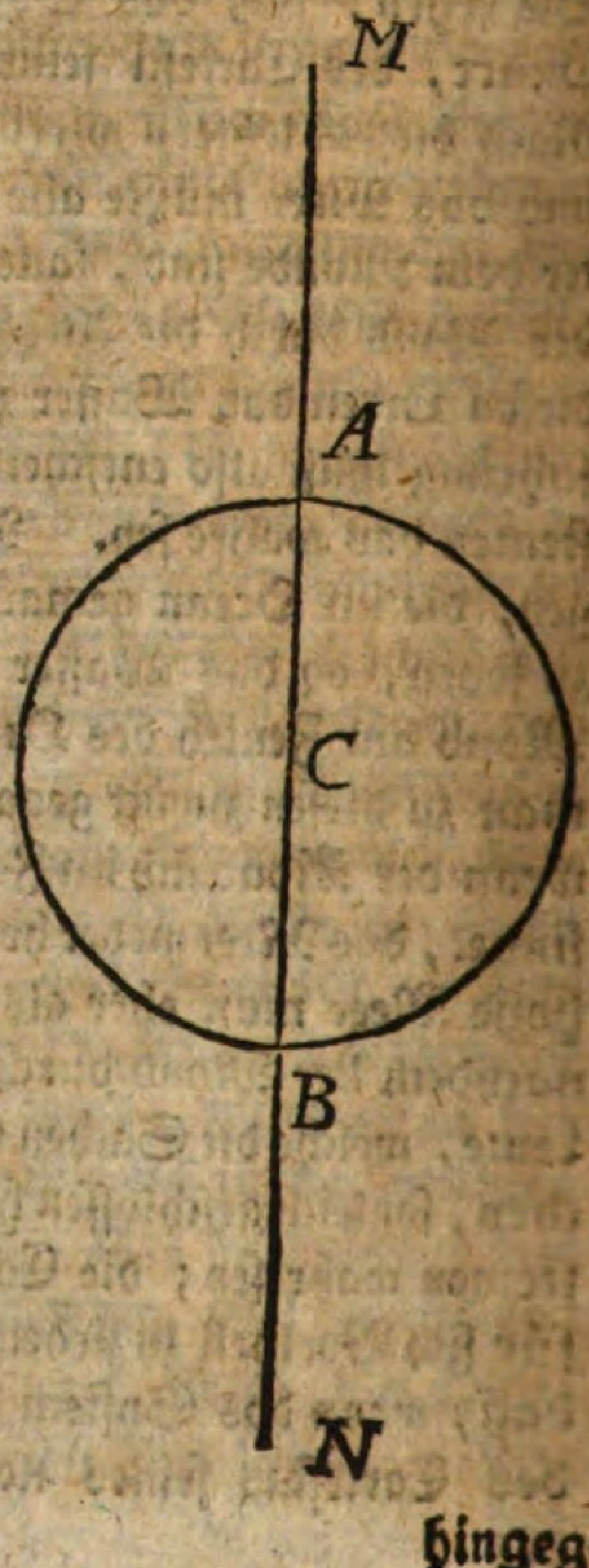
den 7 Oct. 1760.

Sechs und sechzigster Brief.

Nach dem was ich die Ehre gehabt habe, Ew. H. von der Ebbe und Fluth des Meeres zu sagen, werden Sie sehen, daß das System des Newtons über diesen Punkt, des Cartesii seinem gerade entgegen gesetzt ist. Nach diesem letztern wirkt der Mond durch den Druck, und das Meer müßte also an den Orten, die gerade unter dem Monde sind, fallen; da hingegen nach Newton der Mond durch die Attraction wirkt, und also an eben diesen Orten das Wasser zum Steigen bringt. Die Erfahrung muß also entscheiden, welches von beyden Systemen das wahre sey. Man darf nur die Beobachtungen, die im Ocean gemacht worden, zu Rathe ziehen, um zu sehen, ob das Wasser steigt oder fällt, wenn sich der Mond am Zenith des Ortes befindet. In der That ist man zu diesen zurück gegangen, und hat gefunden, daß, wenn der Mond sich im Zenith oder Nadir eines Ortes befindet, das Meer weder hoch noch niedrig ist, und daß das hohe Meer nicht eher als einige Stunden darauf eintritt, nachdem der Mond durchs Zenith gegangen ist; woraus Leute, welche die Sachen nicht bis auf den Grund untersuchen, sogleich geschlossen haben, daß keines von beyden Systemen wahr sey; die Cartesianer hingegen haben daraus für sich Vortheil zu ziehen geglaubt, weil sie gedacht haben, daß, wenn das System des Newtons verworfen würde, des Cartesius seines nothwendig angenommen werden

müsse, obgleich die angeführte Beobachtung dem System des Cartesius eben so zuwider ist, als sie es dem System des Newtons zu seyn scheint. Unterdessen wird das System des Cartesius durch das einzige Phänomen widerlegt, daß das Meer nach 12 Stunden 22 Minuten sich gerade wieder in eben dem Zustande befindet, oder daß der Zustand desselben einerley sey, wenn der Mond über, und wenn er unter dem Horizonte ist; und es ist den Vertheidigern desselben unmöglich zu zeigen, wie die Sonne, wenn sie unsern Antipoden über dem Kopfe steht, eben die Wirkung hervor bringen sollte, als wenn sie uns über dem Kopfe steht. Man wird das durch die beystehende Figur sehen.

Es ist aus Erfahrungen gewiß, daß der Zustand des Wassers in A eben so ist, wenn sich der Mond in M, dem Zenith des Ortes A befindet, als wenn er in N, dem Nadir von A, und also dem Zenith der Antipoden in B ist. Also muß die Wirkung des Mondes in beyden Fällen auf A einerley seyn. Wenn aber, wie Cartesius glaubt, der Mond durch den Druck wirkt, so folgt: daß, wenn er in M ist, er das Wasser in A zum Fallen bringe; aber unmöglich, wenn er in N ist, auf das Wasser in A eben den Druck äußern könne. In dem System der Attraction



hingegen

hingegen, muß die Wirkung des Mondes, wenn er in M und in N ist, nothwendig beynahe einerley seyn; und das zeigen auch die Beobachtungen. Man kann sich der oben gegebenen Erklärung erinnern, die ich noch einmal kurz wiederholen will, weil sie von der äußersten Wichtigkeit ist. Wenn der Mond in M ist, so ist ihm der Punkt A näher als der Mittelpunkt C, und wird also stärker von ihm angezogen, wird sich also ihm mehr nähern, und sich vom Mittelpunkte entfernen, das heißt, sich erheben. Folglich wirkt der Mond in A dazu, das Wasser in A steigend zu machen. 12 Stunden 22 Minuten nachdem der Mond in M gewesen ist, kommt er nach N. Weil nun der Punkt A vom Monde in N weiter entfernt ist als der Mittelpunkt C, so wird er schwächer angezogen werden, also wird der Mittelpunkt C geschwinder gegen N fortrücken als A; also wird die Entfernung zwischen C und A größer werden; und da sich vom Mittelpunkte der Erde entfernen so viel heißt als steigen, so macht der Mond, wenn er in N ist, daß der Punkt A steigt, oder bemüht sich das Wasser zu erheben eben so als da er in M war. Unterdessen macht doch noch die Erfahrung einen großen Einwurf, daß das Meer nicht auf der größten Höhe steht, wenn der Mond in M oder in N ist, sondern erst in einiger Zeit darauf zur größten Höhe gelangt; und aus diesem Grunde haben einige nicht angestanden, die ganze Erklärung zu verwerfen. Aber Ew. H. werden leicht einsehen, wie übereilt dieses Urtheil ist. Ich habe nicht gesagt, daß, wenn der Mond in M oder in N ist, das Wasser in A am höchsten stehe; sondern nur, daß alsdann die Kraft des Mondes sich bemühe das Wasser zum Steigen zu bringen. Nun kann aber das Wasser nicht steigen, wenn seine Quantität nicht vergrößert wird; es muß also welches von andern und selbst sehr entlegenen Oertern zufließen; nun gehört Zeit dazu ehe eine hinlängliche Quan-

titát Wasser zusammen gebracht ist. Es ist also sehr natürlich, daß das hohe Meer in A erst einige Zeit nachdem der Mond durch M oder N gegangen ist, kommen kann. Anstatt demnach, daß diese Beobachtung unser System über den Haufen werfen sollte, so bestätigt sie es vielmehr. Ohne Zweifel muß die Kraft, die dazu wirkt, das Meer zu erheben, vor seiner wirklichen größten Erhebung vorhergehen, weil das Wasser von sehr entfernten Orten herbey fließen muß; von denenjenigen nämlich, wo das Wasser niedrig ist, wenn es in A hoch steht. Muß das Meer noch dazu durch Meerengen durchgehen, oder findet es andere Hindernisse, die es in diesem Laufe aufhalten: so muß die Zeit des hohen Meeres desto mehr dadurch verspätet werden; und wenn im Ocean das hohe Meer in A erst zwey Stunden nach dem Durchgange des Mondes durch M oder N eintritt: so muß es in eingeschlossenen Meeren erst drey und mehrere Stunden darauf kommen; welches alles mit den Beobachtungen genau übereinstimmt.

den 11. Oct. 1760.

Sieben und sechzigster Brief.

Ew. H. werden nun nicht mehr daran zweifeln, daß Ebbe und Fluth durch die anziehende Kraft des Mondes verursacht werde. Aber es ist noch eine Schwürigkeit zu heben übrig; und diese besteht darinn: daß die Bewegung des Meeres in dem Neu- und Vollmonde weit stärker ist als in den Vierteln. Wäre der Mond, wenn er neu oder voll ist, der Erde näher als in seinen Vierteln: so wäre gar keine Schwürigkeit, weil die größre Nähe auch die Kraft des Mondes vermehren müßte. Aber obgleich der Mond sich der Erde bald mehr bald weniger nähert: so ist doch dieser Unterschied zu klein, als daß er eine beträchtliche Veränderung in der Ebbe

und Fluth hervor bringen sollte. Ueberdieß richtet sich diese Verschiedenheit in der Nähe des Mondes nicht nach den Mondsvierteln; und es kann kommen, daß der Mond in seinen Vierteln uns näher als beym Voll- oder Neumonde ist. Man muß also eine andere Ursache aufsuchen, die im Stande ist, Ebbe und Fluth in Voll- und Neumonde zu vergrößern und in den Mondsvierteln zu verringern. Auf diese Ursache nun führt uns das System der Attraction. Die anziehende Kraft der Sonne nämlich, mit eben dieser Kraft des Mondes vereiniget, giebt uns die vollständige Erklärung aller Erscheinungen, die bey der Ebbe und Fluth vorkommen. In der That läßt sich alles, was ich von der Kraft des Mondes, das Meer in Bewegung zu setzen, gesagt habe, auch auf die Sonne anwenden. Ihre anziehende Kraft wirkt ebenfalls ungleich auf die verschiedenen Theile der Erde, zieht die nahen stärker und die entfernten schwächer an. Die Kraft der Sonne ist sogar weit größer als die Kraft des Mondes, indem sie hauptsächlich die Bewegung der Erde bestimmt und sie auf ihrer Laufbahn erhält. Aber was die Bewegung anlangt, die sie im Meere verursacht: so richtet sich die nicht nach der Größe der anziehenden Kraft überhaupt, sondern nach der Ungleichheit der Kräfte, um wie viel die Punkte der Oberfläche der Erde stärker oder schwächer angezogen werden als ihr Mittelpunkt; wie ich das schon bey der Erklärung von der Wirkung des Mondes gezeigt habe. Der Grund ist: wenn alle Theile der Erde gleich stark angezogen würden, so könnte in ihrer Lage unter einander keine Veränderung vorgehen. Ob nun gleich die Kraft der Sonne überhaupt weit größer ist als die Kraft des Mondes: so ist doch die Ungleichheit der Attraction in Absicht der verschiedenen Theile der Erde bey ihr viel kleiner. Die Ursache ist die große Entfernung der Sonne, die ungefähr 300 mal weiter von der Erde ist als der Mond. Der Unterschied

der Kräfte also, mit denen der Mittelpunkt der Erde und die Punkte ihrer Oberfläche von der Sonne angezogen werden, ist sehr klein; und wenn man die Rechnung macht, so findet man, daß diese Verschiedenheit ungefähr dreymal kleiner ist als die Ungleichheit unter den Kräften des Mondes; woraus man sieht, daß die anziehende Kraft der Sonne auch allein im Stande gewesen wäre eine Ebbe und Fluth im Meere hervor zu bringen; aber eine dreymal kleinere als die vom Monde verursachte. Es ist demnach augenscheinlich, daß die Ebbe und Fluth eine zusammengesetzte Wirkung aus der Kraft der Sonne und des Mondes sey; oder daß es in der That zwey Arten von Ebbe und Fluth gebe, eine die vom Monde, die andere die von der Sonne hervor gebracht wird. Die Mondsfluth ist ungefähr dreymal größer, richtet sich nach der Bewegung des Mondes und rückt von einem Tage zum andern drey Viertelstunden rückwärts; die andere die dem Laufe der Sonne folgt, würde immer gerade auf dieselben Stunden des Tages fallen, wenn sie allein wäre, das heißt, wenn es keinen Mond gäbe. Diese beyden vom Monde und der Sonne gewirkte Bewegungen des Meeres machen nun zusammen diejenige Ebbe und Flueh aus, die man wirklich im Meere bemerkt. Aber da beyde das Wasser wechselsweise erhöhen und erniedrigen: so wird, wenn beyde Ursachen gemeinschaftlich zur Erhebung oder Erniedrigung des Meeres wirken, die Ebbe und Fluth um so viel größer seyn; wirken sie aber einander entgegen, so daß die eine das Meer zu erhöhen sucht, indem die andere es an eben dem Orte niedriger macht: so wird eine durch die andere, das heißt, die Monds Ebbe und Fluth durch der Sonne ihre vermindert werden. Nach dem also diese beyden Kräfte entweder gemeinschaftlich oder einander entgegen wirken: nach dem wir die Ebbe oder Fluth größer oder kleiner seyn. Weil sich nun in dem Neumonde Sonne und

Mond

Mond an eben demselben Orte des Himmels befinden: so treffen ihre Wirkungen zusammen, und Ebbe und Fluth, da sie der Summe beyder Kräfte gleich ist, muß die größte werden die seyn kann. Eben das wird im Vollmonde statt haben, wenn der Mond der Sonne gerade gegenüber steht; weil wir wissen, daß der Mond eben die Wirkung hervorbringt, er mag von zwey einander entgegenstehenden Punkten am Himmel einnehmen welchen er will: also muß auch im Vollmonde wie im Neumonde Ebbe und Fluth am größten seyn. Im ersten und letzten Viertel hingegen geschieht gerade das Gegentheil. Indem die Wirkung des Mondes das Wasser erhebt, macht die Wirkung der Sonne dasselbe niedriger, und umgekehrt, also muß alsdann Ebbe und Fluth am kleinsten seyn; wie man es auch in den Beobachtungen findet. Man kann überdieß noch durch die Rechnung zeigen: daß die Wirkung des Mondes sowohl als der Sonne etwas größer seyn muß, wenn sich diese Körper im Aequator befinden oder von beyden Weltpolen gleichweit entfernt sind, welches zur Zeit der Nachtgleichen gegen das Ende der Monate März und September geschieht. Und in der That findet man auch, daß die Fluthen in diesen Jahreszeiten am stärksten sind. Es ist also kein Zweifel mehr übrig, daß Ebbe und Fluth durch die anziehende Kraft des Mondes sowohl als der Sonne entstehe, in so fern diese Kräfte auf die verschiedenen Theile der Erde ungleich wirken; und die glückliche Erklärung dieser Erscheinung, die unsere Vorfahren so sehr in Verlegenheit gesetzt hatte, bestätigt das System der Attraction oder der allgemeinen Gravitation völlig, auf welches die Bewegung aller himmlischen Körper sich gründet.

den 14 Oct. 1760.

Acht und sechzigster Brief.

Nachdem ich Ew. H. einen allgemeinen aber vollständigen Begriff von den Kräften gegeben habe, welche die vornehmsten Erscheinungen in der Welt verursachen, und auf welche die Bewegung aller himmlischen Körper sich gründet: so ist es nöthig die Kräfte genau zu untersuchen, die das System der Attraction annimmt. Man nimmt in diesem Systeme an, daß alle Körper sich nach dem Verhältnisse ihrer Massen und ihrer Entfernungen, dem oben erklärten Gesetze zu folge, an sich ziehen. Die glückliche Erklärung der meisten Erscheinungen der Natur, die man daraus herleitet, beweist hinlänglich, daß diese Hypothese vollkommen wahr sey; so daß man es für die ausgemachteste Erfahrung halten kann, daß alle Körper sich einander wechselsweise anziehen. Jetzo kommt es darauf an, die wahre Quelle dieser anziehenden Kraft zu entdecken, welches aber eigentlich mehr für die Metaphysik als Mathematik gehört; und ich kann mir nicht schmeicheln, daß mir dieß eben so gut gelingen wird.

Da es ausgemacht ist, daß jede zwey Körper, die man sich denkt, gegen einander angezogen werden: so ist es natürlich, nach der Ursache dieser gegenseitigen Neigung zu fragen. Die Englischen Philosophen behaupten, daß es eine wesentliche Eigenschaft aller Körper sey, sich wechselsweise anzuziehen; und daß alle Körper gleichsam eine gewisse natürliche Neigung gegen einander haben, kraft welcher sie sich bemühen einander näher zu kommen, so als wenn sie eine Empfindung oder Begierde hätten. Andere Philosophen sehen diese Meynung für ungereimt und den Grundsätzen einer gesunden Philosophie widersprechend an. Die Sache selbst leugnen sie nicht, sie geben sogar zu, daß es wirklich in der Welt Kräfte gebe, welche die Körper gegen einander stoßen; aber sie behaupten,

haupten, daß diese Kräfte von außen auf die Körper wirken; und daß diese im Aether, der feinen Materie, die alle Körper umgiebt, liegen; so wie wir sehen, daß ein im Wasser untergetauchter Körper eine Menge Eindrücke von demselben bekommen kann, wodurch er in Bewegung gesetzt wird. Also hat nach den erstern, die Attraction ihren Grund in den Körpern selbst und in ihrer eignen Natur; nach den letztern liegt er außer den Körpern in der feinen flüßigen Materie, die sie umgiebt. In diesem Falle wäre das Wort Attraction eigentlich nicht richtig; man müßte vielmehr sagen, daß ein Körper gegen den andern gestoßen würde. Aber weil die Wirkung einerley ist, es mögen zwey Körper gegen einander gezogen oder gestoßen werden: so macht das bloße Wort Anziehung keinen Unterschied, wenn man nur dadurch nicht die Natur der Ursache selbst bestimmen will. Um alle Verwirrung zu vermeiden, die der Ausdruck hervorbringen könnte, sollte man aber doch lieber sagen: die Körper bewegen sich so als wenn sie einander anzögen. Dadurch ließe man unausgemacht, ob die Kräfte, die auf die Körper wirken, in oder außer ihnen ihren Sitz haben. Wir wollen bey den Körpern, die wir auf der Oberfläche der Erde finden, stehen bleiben. Niemand kann zweifeln, daß alle diese Körper herunter fallen, sobald sie nicht mehr unterstützt werden; also ist nun die Frage: Welches die wahre Ursache dieses Falles sey? Die einen sagen, daß es die Erde sey, welche diese Körper durch eine Kraft anziehe, die ihr vermöge ihrer Natur zukäme. Die andern sagen, daß es der Aether oder eine andere feine und unsichtbare Materie sey, welche die Körper nach unten stoße, so daß in beyden Fällen der Erfolg einerley ist. Die letzte Meynung gefällt denen mehr, die in der Philosophie helle urd begreifliche Grundsätze lieben; weil sie nicht sehen, wie zwey von einander entfernte Körper auf einander wirken können, ohne

daß etwas zwischen ihnen sey. Die andern berufen sich auf die göttliche Allmacht, und behaupten, daß Gott alle Körper mit der Kraft, andere Körper an sich zu ziehen, begabt habe. Unerachtet es gefährlich ist, über das, was Gott möglich oder unmöglich sey, zu streiten, so ist doch gewiß, daß, wenn die Attraction ein unmittelbares Werk der göttlichen Allmacht wäre, ohne in der Natur der Körper gegründet zu seyn: dieß eben so viel heißen würde, als wenn man sagte, daß Gott unmittelbar die Körper gegen einander stieße, welches also beständige Wunder wären. Wir wollen setzen, es wären vor Erschaffung der Welt nichts als zwey von einander entfernte Körper hervor gebracht, außer ihnen existirte nichts, und beyde wären in Ruhe. Wäre es wohl möglich, daß der eine sich dem andern näherte, oder daß sie eine Neigung hätten, einander näher zu kommen? Wie würde aber eines das andere in der Entfernung gewahr werden? Wie, die Begierde bekommen, sich mit ihm zu vereinigen? Dieß sind Begriffe, welche die Vernunft wider sich aufbringen. Aber sobald man annimmt, daß der Raum zwischen den Körpern mit einer feinen Materie angefüllt ist: so sieht man gleich ein, daß diese Materie auf die Körper, durch den Stoß, wirken kann, und die Wirkung daraus beynahe eben dieselbe seyn muß, als wenn sie sich wechselsweise anzögen. Da wir nun wissen, daß in der That eine solche flüßige Materie vorhanden ist, welche den Raum zwischen den himmlischen Körpern ausfüllt, ich meyne der Aether: so scheint es vernünftiger zu seyn, der Wirkung des Aethers die gegenseitige Anziehung der Körper zuzuschreiben, wenn man auch die Art dieser Wirkung nicht einsieht, als zu einer ganz unverständlichen Eigenschaft seine Zuflucht zu nehmen. Die alten Philosophen haben sich begnügt, die Erscheinungen in der Welt durch solche Ursachen zu erklären, die sie Qualitates occultas nannten. So sagten sie

z. E.

z. E. das Opium habe eine Qualitas occulta, die es fähig mache den Schlaf zu erregen. Das heißt in der That nichts erklären, oder es heißt vielmehr seine Unwissenheit verbergen. Wenn man also die Attraction für eine innere Eigenschaft der Körper ausgiebt, so muß man sie ebenfalls für einen Qualitas occulta ansehen. Aber da man heute zu Tage die Qualitates occultas aus der Philosophie verbannt hat, so muß es die Attraction, in diesem Verstande genommen, auch seyn.

den 18 Oct. 1760.

Neun und sechzigster Brief.

Der metaphysische Streit, ob die Körper eine innere Kraft haben, sich einander anzuziehen, oder durch eine äußere Kraft gestoßen werden, kann nicht ohne eine genauere Untersuchung der Natur der Körper überhaupt entschieden werden. Da diese Sache nicht bloß in der Mathematik und Physik, sondern auch in der Philosophie von der größten Wichrigkeit ist: so werden Ew. H. es mir erlauben, über diese Materie ein wenig ausführlicher zu seyn.

Zuerst fragt man: Was ist denn ein Körper? So ungereimt diese Frage scheinen mag, weil jedermann zwischen dem was Körper und was nicht Körper ist, zu unterscheiden weiß: so ist es dem unerachtet schwer, die wahren Kennzeichen anzugeben, welche die Natur der Körper ausmachen. Die Cartesianer sagen, daß die Natur der Körper in der Ausdehnung bestehe, so daß alles, was ausgedehnt ist, auch ein Körper sey. Sie verstehen nämlich eine Ausdehnung von drey Dimensionen. Denn sie wissen aus der Geometrie sehr wohl, daß eine einzige Dimension, oder die Ausdehnung nach einer bloßen Länge, die Linie; und zwey Dimensionen, wo nur

nur Länge und Breite ist, nichts als eine Fläche, aber keinen Körper ausmachen. Drey Dimensionen gehören zu einem Körper; daß heißt, jeder Körper muß eine Länge, Breite und Dicke haben. Aber nun fragt man, ob alles, was eine Ausdehnung hat, auch zugleich ein Körper sey. Das müßte seyn, wenn Cartesii Erklärung richtig wäre. Aber der Begriff, den sich das gemeine Volk von Gespenstern macht, enthält den Begriff der Ausdehnung, und man leugnet dem unerachtet, daß dieß Körper sind. Dieser Begriff ist zwar eine bloße Einbildung; aber er kann doch zum Beweise dienen, daß man sich etwas ausgedehntes denken könne, das kein Körper ist. Eben so enthält der Begriff, den wir uns vom Raume machen, ohne Zweifel eine Ausdehnung nach drey Dimensionen, und doch giebt man nicht zu, daß der bloße Raum ein Körper sey. Er kann nur den Ort geben, den die Körper einnehmen oder ausfüllen. Gesetzt, alle Körper, die jetzt in meinem Zimmer sind, und selbst die Luft darinnen, würden durch die göttliche Allmacht vernichtet: so würde doch noch in meiner Stube Länge, Breite und Dicke bleiben, ohne daß ein Körper da wäre. Also sieht man wenigstens die Möglichkeit von etwas Ausgedehntem, das kein Körper sey. Einen solchen Raum ohne Körper nennt man eine Leere, und eine Leere ist also eine Ausdehnnng ohne Körper. Es ist demnach klar, daß zum Körper die Ausdehnung nicht genug ist; daß noch etwas mehr hinzu kommen muß, um die Natur desselben auszumachen; und daß also die Erklärung des Cartesius falsch ist. Aber was ist das nun, daß außer der Ausdehnung noch zum Körper gehört? Man sagt die Beweglichkeit, oder die Fähigkeit bewegt zu werden. Denn ein Körper mag in Ruhe und noch so sehr befestigt seyn: so ist es immer möglich ihn zu bewegen, wenn nur die Kraft groß genug ist. Dadurch schließt man den Raum von der Zahl

der Körper aus, weil man sieht, daß der Raum, der nur dazu dient, die Körper aufzunehmen, selbst unbeweglich bleibt; die Körper, die er enthält, mögen sich bewegen wie sie wollen. Man sagt auch: daß durch die Bewegung die Körper von einem Orte zum andern gebracht werden; wodurch man also zu verstehen giebt, daß Raum und Ort unbeweglich bleiben. Unterdessen könnte doch mein Zimmer mit dem oben angenommenen leeren Raume in ihm bewegt werden, und wird es in der That, weil es durch die Bewegung der Erde mit fortgerissen wird. Hier wäre also ein leerer Raum der sich bewegte, ohne ein Körper zu seyn. So nimmt auch der Aberglaube bey den Gespenstern eine Bewegung an, ob er sie gleich nicht für Körper hält; und also müssen Ausdehnung und Beweglichkeit noch nicht die einzigen Eigenschaften seyn, die das Wesen des Körpers ausmachen. Es gehört noch mehr, es gehört Materie dazu, wenn ein Körper da seyn soll; oder vielmehr, man nennt Materie das, was den Körper von einer bloßen Ausdehnung unterscheidet. Nun kommt es also darauf an, zu erklären, was Materie sey, weil ohne sie das Ausgedehnte nicht ein Körper seyn kann. Da aber die Bedeutung beyder Wörter so vollkommen einerley ist, daß alles, was Körper ist, auch Materie, und alle Materie Körper ist: so haben wir wenig dabey gewonnen. Unterdessen findet man doch ein allgemeines Kennzeichen, das aller Materie, und also auch allen Körpern eigen ist; und dieses ist die **Undurchdringlichkeit**, oder die **Unmöglichkeit**, daß zwey Körper zugleich einerley Ort einnehmen können. In der That ist es diese Undurchdringlichkeit, die dem leeren Raume, und nach der gemeinen Meynung, den Gespenstern fehlt, und macht daß sie keine Körper sind. Wäre ein Gespenst (so eingebildet es auch seyn mag) undurchdringlich, das heißt, könnte man nicht mit der Hand hindurch fahren, ohne einen Widerstand

zu

zu finden: so würde man nicht anstehen, es unter die Körper zu rechnen. So bald man es aber als durchdringlich ansieht: so bald leugnet man seine Körperlichkeit. Vielleicht wird man mir einwendeu, daß man die Hand durch die Luft und das Wasser hindurch bewegen kann, die dem ungeachtet von jedermann für Körper erkannt werden. Das wären demnach durchdringliche Körper, und die Undurchdringlichkeit wäre also kein wesentliches Kennzeichen aller Körper. Aber man muß wissen, daß, wenn man die Hand durchs Wasser bewegt, die Wassertheilchen der Hand ausweichen, und daß, wo die Hand ist, nun kein Wasser mehr sey. Könnte die Hand dergestalt durchs Wasser hindurch gehen, daß das Wasser der Hand nicht entgienge, sondern an eben dem Orte bliebe wo die Hand ist: so würde das Wasser durchdringlich seyn. Aber es ist klar, daß das nicht geschieht. Also sind alle Körper undurchdringlich, oder jeder Körper schließt von dem Orte, den er selbst einnimmt, alle andere Körper aus; kein anderer kann an diesen Ort kommen, ohne daß der erste ihn zuvor verlassen hätte. Das ist der Sinn, in dem man das Wort Undurchdringlichkeit nehmen muß.

den 21 Oct. 1760.

Siebenzigster Brief.

Ew. H. werden mir vielleicht gegen die Undurchdringlichkeit der Körper das Beyspiel des Schwammes anführen, der vom Wasser durchdrungen zu werden scheint, wenn man ihn in dasselbe eintaucht. Aber es ist falsch, daß die Theilchen des Schwammes so durchdrungen würden, daß ein Wassertheilchen sich mit einem Theilchen des Schwammes an einerley Orte befände. Sondern man weiß, daß der Schwamm ein Körper mit sehr vielen Oeffnungen oder Poris ist. Ehe man ihn

ins

ins Wasser legte, waren diese Pori mit Luft angefüllt. So bald aber Wasser in die Poros tritt, so wird die Luft ausgetrieben und steigt in kleinen Blasen in die Höhe. Also wird hier weder die Luft vom Wasser, noch das Wasser von der Luft durchdrungen, sondern die Luft entweicht von den Oertern wo das Wasser hinein tritt. Es bleibt also diese Eigenschaft allen Körpern wesentlich und allgemein; und man muß folglich die Richtigkeit der Erklärung zugeben, daß ein Körper eine undurchdringliche Ausdehnung sey, weil nicht nur alle Körper ausgedehnt und undurchdringlich, sondern auch umgekehrt, alles was zugleich ausgedehnt und undurchdringlich ist, Körper sind. Dadurch wird der leere Raum aus der Zahl der Körper ausgeschlossen, weil er zwar Ausdehnung aber nicht Undurchdringlichkeit hat, und man im leeren Raume allenthalben Körper hinsetzen kann, ohne etwas zu vertreiben. Man stellt sich nur deswegen ein Gespenst als etwas unkörperliches vor, weil man es für durchdringlich hält. Man würde es den Augenblick für einen Körper halten, wenn man gewahr würde, daß es Widerstand thäte. Es ist noch eine Schwürigkeit gegen die Undurchdringlichkeit der Körper aus dem Wege zu räumen. Es giebt Körper, sagt man, die sich in einen engern Raum zusammen drücken lassen, wie z. E. die Wolle, und vornehmlich die Luft, die, wie man weiß, sich in einen beynahe 1000 mal kleinern Raum zusammen drücken läßt. Es scheint also, daß mehrere Lufttheilchen in einen einzigen Ort zusammen gebracht werden und sich also durchdringen können. Aber von dem allen geschieht im Grunde nichts. Die Luft ist ebenfalls ein Körper oder eine Materie voller Oeffnungen und Durchgänge, die entweder leer oder mit der unendlich feinern Materie, die man den Aether nennt, angefüllt sind. Im ersten Falle geht kein Durchdringen vor, weil die Lufttheilchen sich bloß einander nähern, und des leeren

Raums

Raums weniger machen; im andern findet der Aether genug kleine Ausgänge, durch die er entwischen kann, wenn die Pori zusammen gedrückt und die Lufttheilchen näher zusammen gebracht werden, aber immer ohne sich zu durchdringen. Um deswillen braucht man eine desto größere Kraft, je weiter man die Luft zusammen drücken will; und wäre es möglich sie so weit zusammen zu drücken, daß alle ihre Theilchen sich unter einander berührten: so würde es auch nicht möglich seyn, sie noch weiter zusammen zu drücken, man möchte eine noch so große Gewalt anwenden; und zwar, weil sonst die Lufttheilchen sich wirklich durchdringen müßten. Das ist also ein nothwendiges und allgemeines Grundgesetz der Natur, daß zwey Körper sich einander nicht durchdringen oder in eben demselben Orte zusammen seyn können; und nach diesem Grundsatze muß man die wahre Quelle aller Bewegungen eines jeden Körpers, und der Veränderungen, die in seiner Bewegung vorgehen, suchen. Sobald zwey Körper ihre Bewegung nicht fortsetzen können, ohne sich zu durchdringen: so muß der eine dem andern nothwendig Platz machen. Wenn also zwey Körper sich in einer Linie einander entgegen bewegen, der eine gegen die Rechte, der andere gegen die Linke, wie es oft beym Billard geschieht: so müßte, wenn beyde ihre Bewegung fortsetzen sollten, der eine den andern durchdringen; aber da dieß unmöglich ist: so geschieht, sobald sich diese zwey Körper berühren, ein Stoß, durch den die Bewegung eines jeden sich plötzlich ändert, und dieser Stoß geschieht in der Natur nur um das Durchdringen zu vermeiden. Die Bewegung jedes Körpers wird gerade nur um so viel geändert, so viel es nöthig ist alle Art des Durchdringens zu verhindern; und hierinn besteht die wahre Ursache aller Veränderungen in der Körperwelt. Betrachtet man alle Arten der Bewegungen genau: so findet man, daß sie allemal geschehen, um eine

Pene-

Penetration zu verhindern, die hätte vorgehen müssen, wenn diese Veränderung nicht geschehen wäre. In dem Augenblicke da ich dieses schreibe, würde meine Feder, wenn das Papier durchdringlich wäre, ohne zu schreiben, durch dasselbe hindurch gehen: aber da das Papier den Druck meiner mit Dinte angefeuchteten Feder aufhält: so bekommt das Papier einige Theile davon, wodurch diese Buchstaben gebildet werden; dieses würde aber nicht geschehen, wenn die Körper sich durchdrängen. Diese Eigenschaft aller Körper, die unter dem Namen der Undurchdringlichkeit bekannt sind, ist also nicht bloß von der äußersten Wichtigkeit in Ansehung unserer ganzen Kenntnisse, sondern sie enthält auch die große Triebfeder, durch welche die Natur alle ihre Wirkungen hervor bringt. Sie verdient also genauer untersucht zu werden, um Ew. H. sowohl die Natur der Körper als die Gründe aller Bewegungen, welche eben die von den Philosophen so sehr erhobenen Bewegungsgesetze sind, daraus deutlicher zu erklären.

den 25 Oct. 1760.

Ein und siebenzigster Brief.

Jeder Körper ist entweder in Bewegung oder in Ruhe. So in die Augen fallend auch diese Verschiedenheit scheinen mag: so ist es doch beynahe unmöglich zu beurtheilen, in welchem von beyden Zuständen sich ein Körper befindet. Das Papier, das ich vor mir habe, scheint mir in Ruhe zu seyn. Aber wenn ich bedenke, daß die ganze Erde sich mit einer so großen Geschwindigkeit, als ich Ew. H. gezeigt habe, fort bewegt: so muß ich nothwendig zugeben, daß auch mein Haus, mit dem Hause mein Tisch und das Papier von eben der Bewegung fortgerissen werden. Alles also was uns in Ruhe zu seyn scheint, hat in der That eben die Bewe-

gung, welche die Erde hat. Man muß also zwischen der wahren und der scheinbaren Ruhe einen Unterschied machen. Die wahre Ruhe ist, wenn ein Körper unveränderlich denselbeu Platz behält, nicht bloß in Ansehung der Erde, sondern in Ansehung der ganzen Welt. Also, wenn die Fixsterne immer an derselben Stelle in dem Weltgebäude blieben, ob sie uns gleich sich sehr schnell zu bewegen scheinen: so könnte man ihnen eine wahre Ruhe zuschreiben. Das was man scheinbare Ruhe nennt, ist, wenn ein Körper eben denselben Stand in Absicht anderer Körper auf der Erde behält. Man sagt alsdann zwar schlechtweg, daß er in Ruhe sey, aber man muß es von der scheinbaren Ruhe verstehen. Wahrscheinlicher Weise sind diese Wörter, Bewegung und Ruhe, eher zu Bezeichnung des Scheins als der Wahrheit eingeführt worden; und in diesem Verstande kann ich sicher sagen, daß mein Tisch, so wie die ganze Erde, stille stehe; daß die Sonne und alle Fixsterne sich bewegen, und zwar sehr schnell bewegen; ob sie gleich in der That vielleicht in Ruhe sind. Man würde also diesen Ausdrücken fremde und bloß philosophische Begriffe unterschieben, wenn man sie immer für Ausdrücke der wahren Ruhe und der wahren Bewegung halten wollte. Und es ist also sehr lächerlich, biblische Stellen, wie einige thun, anzuführen, um zu beweisen, daß die Erde stille steht, und die Sonne sich bewegt. Alle Sprachen sind zum Gebrauche des gemeinen Mannes eingeführt; und die Philosophen müssen sich ihre eigene Sprache schaffen. Da wir von der wahren Ruhe nicht urtheilen können: so ist es sehr natürlich, daß wir die Körper für stille stehend halten, die ihren Stand in Absicht der Erde nicht verändern; so wie wahrscheinlicher Weise die Einwohner anderer Planeten ebenfalls von der Ruhe nach dem Stande der Sachen gegen ihren Planeten urtheilen. Wir sehen, daß die, welche auf der See reisen, die Sachen, die ge-

gen ihr Schiff einerley Stellung behalten, für stille stehend ansehen, und die Küsten, die sie entdecken, sich ihnen zu bewegen scheinen, ohne daß man sie dieser Ausdrücke wegen tadeln könnte. Es ist also ein großer Unterschied zwischen der wahren oder absoluten Ruhe und Bewegung, und zwischen der scheinbaren oder relativen, das heißt der, die man nur nach der Stellung eines Körpers gegen einen andern, den man für unbeweglich ansieht, abmißt. Die Gesetze der Bewegung beziehen sich hauptsächlich auf den wahren Zustand der Körper, das heißt, auf ihre wahre oder absolute Ruhe und Bewegung. Um diese Gesetze zu entdecken, fängt man mit der Betrachtung eines einzigen Körpers an, und abstrahirt von allen andern, so als wenn diese gar nicht existirten. Diese obgleich unmögliche Voraussetznng, kann uns die Wirkungen der eignen Natur des Körpers selbst, von den Wirkungen anderer Körper auf ihn unterscheiden lehren. Es gebe also nur einen einzigen Körper; und dieser sey in Ruhe. Man fragt, ob er in Ruhe bleiben, oder ob er anfangen wird sich zu bewegen? Da kein Grund vorhanden ist, warum er sich auf die eine Seite eher als auf die andere bewegen sollte: so schließt man, daß er beständig in Ruhe bleiben wird. Eben das muß geschehen, gesetzt auch daß andere Körper vorhanden wären, wofern sie nur nicht auf den Körper, von dem die Rede ist, wirken. Und daraus folgt dieses allgemeine Gesetz: Wenn ein Körper einmal in Ruhe ist, und es ist nichts außer ihm, das auf ihn wirkt, so wird der Körper immer in Ruhe bleiben: und wenn er anfienge sich zu bewegen, so müßte die Ursache seiner Bewegung außer ihm seyn; in dem Körpee selbst ist nichts, das ihn in Bewegung zu setzen im Stande sey. Also, wenn wir sehen, daß ein Körper, der in Ruhe gewesen ist, sich zu bewegen anfängt: so können wir sicher schließen, daß diese Be-

wegung durch eine äußere Kraft verursacht worden ist; weil in ihm selbst nichts ist, was die Ursache von der Bewegung seyn könnte, und dieser Körper, wenn er allein und ohne Verbindung mit andern Körpern gewesen wäre, ewig in Ruhe geblieben seyn würde. So ausgemacht und erwiesen auch dieses Gesetz ist, so giebt es doch Leute, die, weil sie nicht gewohnt sind, die Sachen zu untersuchen, die Erfahrung mit demselben für widersprechend halten. Sie führen das Beyspiel eines an einen Faden aufgehangenen Steines an, der in Ruhe ist, aber fällt, sobald man den Faden zerschneidet. Es ist gewiß, sagen sie, daß die Handlung des Zerschneidens nicht im Stande war den Stein in Bewegung zu setzen. Er muß also durch eine ihm eigne und innere Kraft gefallen seyn. Das Factum ist richtig; aber es ist eben so richtig, daß die Schwere und nicht eine innere Kraft im Steine selbst, die Ursache des Falles sey. Aber eben diese Schwere, sagen sie weiter, kann vielleicht eine innere mit dem Wesen des Steins verknüpfte Kraft seyn. Darauf antworte ich: die Schwere wird entweder von einer feinen flüßigen Materie, oder durch die Attraction der Erde hervor gebracht. Im ersten Fall ist es ganz gewiß diese feine Materie, die den Fall des Steins verursacht; im andern, der unsern Gegnern am günstigsten scheint, ist es eben so wenig eine Kraft, die im Steine selbst liegt, sondern die Erde, die seinen Fall durch ihre anziehende Kraft wirkt. Denn wäre keine Erde, oder hätte die Erde keine anziehende Kraft: so würde, nach ihrem eigenen Geständnisse, der Stein nicht fallen. Also ist es gewiß, daß in keinem Fall die Ursache des Fallens im Steine selbst liege; also ist es allemal eine äußere Ursache, es mag nun dieß die feine Materie oder die Erde seyn, die nach der Meynung der Attractionisten eine eigene anziehende Kraft hat. Da diese Schwürigkeit also gehoben ist: so bleibt das Gesetz, daß ich festgesetzt ha-

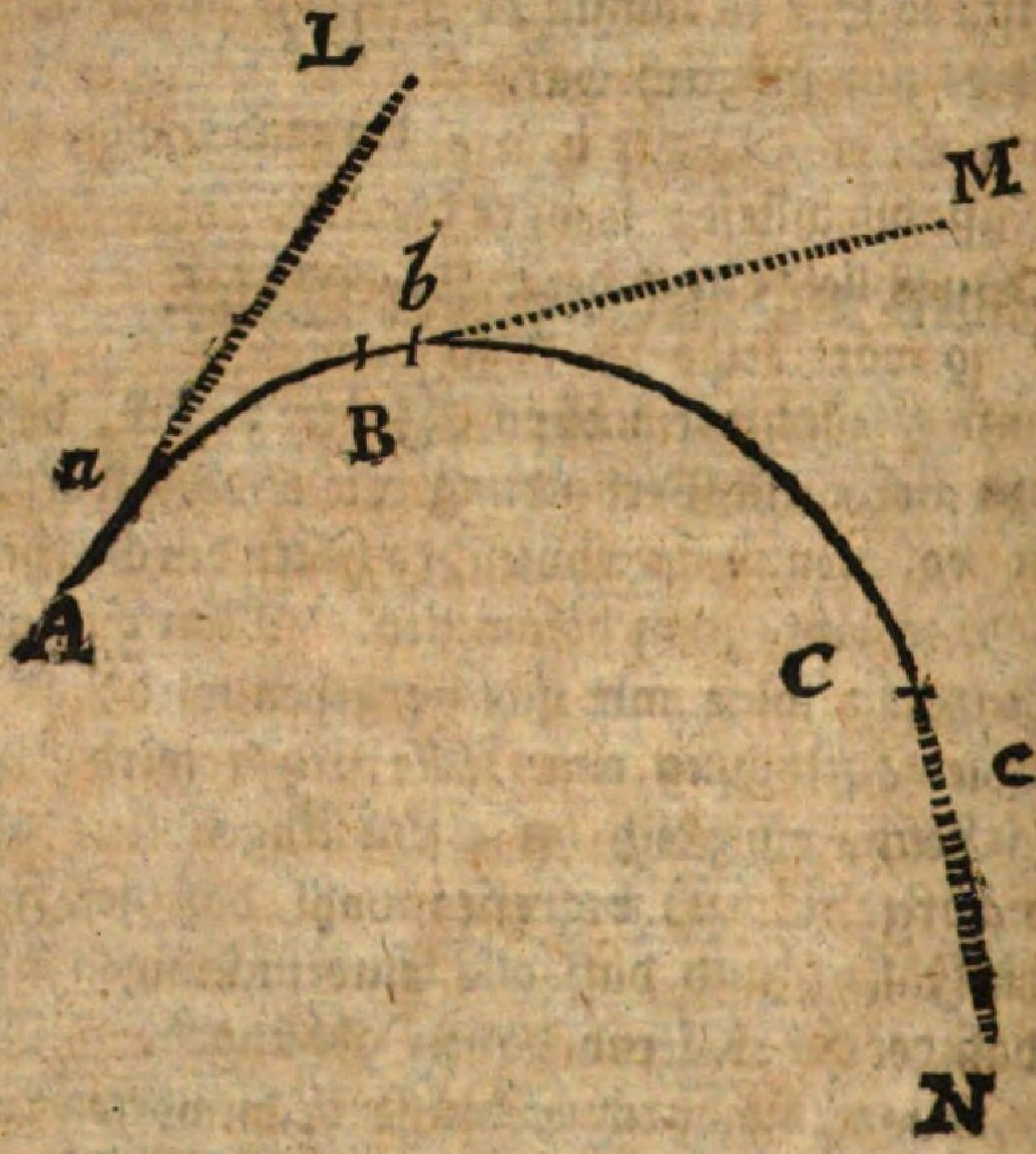
be, nämlich: daß ein Körper, der einmal in Ruhe ist, immer in Ruhe bleibt, wenn er nicht durch eine außer ihm befindliche Ursache in Bewegung gesetzt wird. Dieses Gesetz muß Statt haben, wenn der Körper auch nur einen einzigen Augenblick in Ruhe ist, gesetzt daß er sich auch zuvor bewegt hätte; und sobald er wieder zur Ruhe gebracht ist, so wird er diesen Stand der Ruhe, wenn keine fremde Ursache hinzu kommt, die ihn in Bewegung setzt, behalten. Da dieser Satz der Grund der ganzen Mechanik ist, so war es nöthig, ihn so sehr außer Streit zu setzen als es nur möglich war.

den 28 Oct. 1760.

Zwey und siebenzigster Brief.

Ich komme wieder auf unsern Körper zurück, dessen Lage ihn außer alle Verbindung mit andern Körpern setzt. Wir wollen nun annehmen, er hätte durch irgend eine Ursache eine Bewegung bekommen. Man will wissen was jetzt in der Folge mit ihm vorgehen wird, ob er sich zu bewegen fortfahren oder stille stehen wird; und wenn das letztere, ob gleich im ersten Augenblicke oder nach einiger Zeit. Ew. H. begreifen wohl, daß diese Frage sehr wichtig sey, und daß alle Untersuchungen über die Bewegungen der Körper davon abhängen. Wir wollen sehen, ob wir sie durch Schlüsse beantworten können. So wie die Ruhe das Verbleiben eines Körpers an demselben Orte, so ist die Bewegung der Uebergang von einem Orte zum andern; und wenn ein Körper aus einem Orte in den andern kommt, so sagt man, er bewege sich. Nun lassen sich in jeder Bewegung zwey Sachen unterscheiden, die Geschwindigkeit und die Richtung. Die Richtung ist der Ort, gegen welchen der Körper bewegt wird; und die Geschwindigkeit ist die so bekannte Eigenschaft, welche angiebt, wie viel Raum ein

Körper in einer gewissen Zeit durchlaufe. Ich bin versichert, daß Ew. H. davon schon richtigere Begriffe haben, als ich Ihnen durch weitläuftigere Erklärungen geben könnte. Ich merke bloß an: daß, so lange ein Körper dieselbe Richtung behält, er sich immer in einer geraden Linie fort bewegt; und umgekehrt, so lange sich ein Körper nach einer geraden Linie bewegt, so lange behält er dieselbe Direction.



Wenn also ein Körper sich in einer krummen Linie ABC bewegt: so ist, wenn er in A ist, seine Richtung die kleine Linie Aa; wenn er in B ist, die kleine Linie Bb, und in C, die kleine Linie Cc. Wenn man alsdann diese kleinen Linien verlängert, Aa nach L, Bb nach M, Cc nach N, so sagt man, daß, wenn der Körper durch A geht, so sey seine Richtung die gerade Linie AL, weil, wenn er eben die Richtung behalten hätte, die er in A hatte,

hatte, er sich nach der geraden Linie AL bewegt haben würde. Er bewegt sich also nur deßwegen in einer krummen Linie, weil er beständig seine Direction ändert. Eben so wird, wenn er nach B und nach C kömmt, die Richtung, von der er alsdann abgeht, durch die geraden Linien BM und CN bezeichnet.

In Ansehung der Geschwindigkeit eines Körpers, begreifen Ew. H. leicht, was das heißt, beständig einerley Geschwindigkeit behalten; das geschieht, wenn der Körper immer gleiche Räume in gleichen Zeiten durchläuft. Eine solche Bewegung heißt eine gleichförmige. So, wenn z. E. ein Körper in seiner Bewegung jede Secunde 10 Füße durchliefe; so wäre diese Bewegung gleichförmig. Durchliefe ein anderer Körper 20 Füße in einer Secunde: so wäre seine Bewegung auch gleichförmig, aber seine Geschwindigkeit doppelt so groß. Aus dem, was ich von der gleichförmigen Bewegung gesagt habe, ist leicht zu begreifen, was eine nicht gleichförmige Bewegung sey; das heißt, eine solche, wo die Geschwindigkeit des Körpers nicht immer gleich groß ist. Insbesondere heißt die Bewegung eines Körpers beschleunigt, wenn seine Geschwindigkeit immer wächst, so wie er fort geht; und aufgehalten, wenn sie immer abnimmt. In dem letztern Falle könnte die Geschwindigkeit so sehr abnehmen, daß der Körper endlich in Ruhe bliebe.

Diese Anmerkungen über die Geschwindigkeit und die Richtung der Körper voraus gesetzt, komme ich wieder auf den abgesonderten Körper zurück, den ich durch irgend eine Ursache habe in Bewegung setzen lassen. Ganz gewiß wird er beym Anfange seiner Bewegung eine gewisse Richtung und eine gewisse Geschwindigkeit gehabt haben. Nun fragt sichs: Wird er in der Folge eben diese Richtung und diese Geschwindigkeit behalten; oder wird er eine Abänderung leiden? Das ist unmöglich, daß er gleich vom ersten Augenblick an sollte zum Stillstehen

hen gebracht worden seyn; denn alsdann wäre gar keine Bewegung da gewesen, weil jede Bewegung eine Dauer erfordert, wenn es auch eine noch so kleine Dauer ist. Nun bleibt aber, so lange die Bewegung dauert, die Richtung ganz gewiß eben dieselbe. In der That kann man nicht begreifen, was den Körper nöthigen sollte, von seinem Wege vielmehr auf der einen Seite als auf der andern abzuweichen. Weil also nichts ohne Grund geschieht: so folgt, daß der Körper, von dem die Rede ist, eben dieselbe Richtung behalten, oder seine Bewegung in einer geraden Linie fortsetzen wird, welches schon ein großes Stück zur Entscheidung dieser Frage ist. Auf eben die Art behauptet man, daß die Geschwindigkeit des Körpers sich nicht ändern könne; denn sie müßte sich entweder vermehren oder vermindern; aber es ist kein Grund vorhanden, warum das eine mehr als das andere geschehen sollte: also schließt man, daß keines geschieht und der Körper beständig mit eben derselben Geschwindigkeit und nach einerley Richtung fortfährt sich zu bewegen; oder daß er beständig, ohne alle Abweichung, in einer geraden Linie und immer gleich geschwiude gehen wird. Wird der Körper also niemals zu einer langsamern Bewegung gebracht: so wird er auch niemals zur Ruhe gebracht werden. Was ich von einem einzelnen Körper gesagt habe, würde auch von den Körpern in unserer Welt gelten, wenn nur andere Körper keinen Einfluß auf sie hätten, weil alsdann diese für sie so gut wie nicht vorhanden wären. So ist also die Frage aufgelöst: Ein Körper, der in Bewegung ist, wird immer seine Bewegung mit derselben Richtung und Geschwindigkeit behalten, wenn kein anderer Körper von außen hinzukommt, der deu Körper in der Fortsetzung seiner Bewegung hindert. Folglich: so lange ein Körper nicht der Wirkung einer äußern Ursache unterworfen ist, so wird er ewig in Ruhe bleiben, wenn er einmal in Ruhe ist; und wenn er einmal in

Bewe-

Bewegung gesetzt ist, so wird er sich bestäsdig nach einer geraden Linie mit eben der Geschwindigkeit fort bewegen; und das ist das erste und vornehmste Gesetz der Natur, auf welches die ganze Wissenschaft von der Bewegung gegründet seyn muß. Daraus ziehen wir die Folge: So oft wir einen Körper sich bewegen sehen, der zuvor in Ruhe war; oder ihn sich in einer krummen Linie bewegen, oder seine Geschwindigkeit abwechseln sehen: so ist gewiß, daß eine äußere Ursache auf diesen Körper wirke. Keine Veränderung, weder in der Richtung noch in der Geschwindigkeit kann geschehen, die nicht durch eine äußere Ursache gewirkt worden wäre.

den 1 Nov. 1760.

Drey und siebenzigster Brief.

So gründlich auch die Wahrheit dieses Satzes erwiesen ist, daß jeder Körper, wenn er einmal in Bewegung gesetzt ist, sich beständig mit gleicher Richtung und Geschwindigkeit fort bewegen muß, wenn nicht eine hinzukommende äußere Ursache seine Bewegung stört: so ist doch dieser Satz von einigen Philosophen, die in der Lehre der Bewegung keinen großen Fortgang gemacht haben, bestritten worden; da er indeß von denen, welchen wir in dieser Wissenschaft die größten Entdeckungen schuldig sind, einmüthig als der Grund aller ihrer Untersuchungen und Lehren angesehen wird. Zwey philosophische Sekten bestreiten ihn, und ich will jetzt ihre Einwürfe vortragen nnd widerlegen.

Die einen sagen, daß alle Körper einen natürlichen Hang zur Ruhe haben; daß die Ruhe ihr natürlicher, und die Bewegung ein gewaltsamer Zustand für sie sey; daß deswegen ein Körper, wenn er in Bewegung gesetzt wird, vermöge seiner Natur geneigt sey wieder zur Ruhe zurück zu kehren; und daß er sich bemühe, die Be-

wegung aufzuhalten, ohne durch eine fremde oder äußere Kraft dazu genöthigt zu seyn. Sie führen zum Beweise die ihrer Meynung nach so einleuchtende Erfahrung an, daß wir keine Bewegung aus der Natur kennen, bey der man nicht diesen Widerstand sichtbar gewahr werde. Sehen wir nicht z. E. auf dem Billard, sagen sie, daß, man mag die Kugel mit noch so großer Gewalt fortstoßen, doch ihre Bewegung sehr bald nachläßt und endlich die Kugel in kurzer Zeit wieder in Ruhe kommt. Eine Uhr, sobald ihre Bewegung nicht mehr durch die äußere Kraft mit der sie aufgezogen ist, unterhalten wird, bleibt stehen, und ist in Ruhe. Ueberhaupt sieht man, daß alle Maschinen nicht länger in Bewegung bleiben, als die äußern Kräfte, die diese Bewegung verursachen, auf sie wirken. Daraus schließen sie, daß ein in Bewegung gesetzter Körper so wenig vermöge seiner eigenen Natur einerley Bewegung fortsetze: daß er vielmehr beständig äußere Kräfte bedarf, seine Bewegung zu unterhalten. Wäre diese Folge richtig: so wäre unser Satz völlig über den Haufen geworfen, weil nach demselben die Kugel und die Maschinen, deren wir gedacht haben, wenn sie einmal in Bewegung gesetzt sind, dieselbe Bewegung behalten müssen, so lange nicht äußere Ursachen eine Veränderung in ihnen veranlaßten. Wenn also in den angeführten Erfahrungen keine äußern Ursachen da sind, welche die Bewegung aufhalten: so müssen wir unsern Satz aufgeben. Aber wenn wir nun genau auf alle Umstände Acht geben: so finden wir der Hindernisse, die sich der Bewegung widersetzen, so viele, daß es gar kein Wunder ist, wenn wir diese Bewegungen so bald aufhören sehen. Auf dem Billard ist zuerst das Reiben, welches die Bewegung der Kugel vermindert, die nicht fortgehen kann, ohne sich auf dem Tuche zu reiben. Ferner auch die Luft, da sie eine Materie ist, thut einigen Widerstand, der fähig ist, die Bewe-

gung der Körper aufzuhalten. Will man diesen Widerstand der Luft fühlen: so darf man nur schnell mit der Hand durch die Luft fahren. Daraus ist klar, daß auf dem Billard das Reiben und der Widerstand der Luft das sey, was sich der Bewegung der Kugel widersetzt, und sie endlich zur Ruhe bringt. Nun sind diese Sachen außerhalb der Kugel; und man sieht ein, daß ohne diese Hindernisse die Bewegung derselben immer fortdauren müßte. Eben so ist es mit allen Maschinen, bey denen das Reiben der verschiedenen Theile auf einander so beträchtlich ist, daß es ganz augenscheinlich Ursache genug seyn kann, die Maschine in Ruhe zu bringen. Weil also die wahren Ursachen, die in den angeführten Fällen das Aufhören der Bewegung wirken, äußere, das heißt, außerhalb dem bewegten Körper liegende Ursachen sind: so ist es falsch, daß die Körper eine natürliche Neigung zur Ruhe hätten. Unser Grundsatz bleibt also fest, und bekommt durch die gedachten Einwürfe noch eine neue Stärke: jeder Körper enthält sich in der ihm einmal beygebrachten Bewegung, wenn nicht äußere Ursachen dazu kommen, welche die Richtung oder die Geschwindigkeit, oder beydes zugleich ändern. So sind wir also mit dem einen Theil der Gegner, die dieses Principium angreifen, fertig.

Die andern sind fürchterlicher, da es die berühmten Wolfischen Philosophen sind. Sie erklären sich nicht gerade zu gegen unsern Satz, für den sie im Gegentheil viel Achtung bezeugen; aber sie behaupten andere Sätze, die jenem gerade entgegen stehen. Sie sagen, jeder Körper wende, vermöge seiner Natur, beständig eine Bemühung an, seinen Zustand zu verändern; das heißt, wenn er in Ruhe ist, so bemühe er sich in Bewegung zu kommen; wenn er in Bewegung ist, so bemühe er sich seine Geschwindigkeit und Richtung beständig zu verändern. Zum Beweise dieses Satzes führen sie nichts als einige

Spitz-

Spitzfündigkeiten an, die aus ihrer Metaphysik hergenommen sind, von der ich ins künftige die Ehre haben werde mit Ew. H. zu reden. Ich merke hier bloß an, daß diese Meynung eben durch unsern vorher bewiesenen Satz, und durch die Erfahrung, die mit diesem Satze genau übereinstimmt, widerlegt wird. In der That, wenn es wahr ist, daß ein stillstehender Körper, vermöge seiner Natur, in diesem Zustande bleibt; so ist es falsch, daß er vermöge eben dieser Natur, sich beständig bemühe seinen Zustand zu verändern. Eben so, wenn es wahr ist, daß ein bewegter Körper, kraft seiner Natur, diese Bewegung mit einerley Richtung und Geschwindigkeit behält: so ist es schlechterdings falsch, daß eben dieser Körper, kraft seiner Natur, sich beständig bemühe, seine Bewegung zu verändern. Indem also diese Philosophen das wahre Principium der Bewegung und ihren ungereimten Satz zugleich behaupten wollen: so widersprechen sie sich selbst und werfen ihr eigenes System über den Haufen. Es bleibt also ausgemacht, daß unser Satz in der Natur der Körper selbst auf das festeste gegründet sey: und daß also alles, was ihm widerspricht, aus der wahren Philosophie verbannt werden müsse. Und eben dieser Grundsatz setzt uns in den Stand die Philosophie von einer Menge falscher Einbildungen zu reinigen. Man drückt aber diesen Grundsatz gemeiniglich durch folgende zwey Sätze aus. Der erste Satz: Ein Körper, wenn er einmal in Ruhe ist, bleibt ewig in Ruhe, wenn er nicht durch eine äußere oder fremde Ursache in Bewegung gesetzt wird. Der andere: Ein Körper, wenn er einmal in Bewegung gesetzt ist, behält ewig diese Bewegung mit gleichen Richtung und Geschwindigkeit; oder seine Bewegung geschieht gleichförmig und nach einer geraden Linie, wenn er nicht durch eine äußere Ursache gestört wird. Auf diesen beyden

Sätzen

Sätzen beruht die ganze Wissenschaft der Bewegung, die man Mechanik nennt.

den 4 Nov. 1760.

Vier und siebenzigster Brief.

So wie man von einem Körper, so lange er in Ruhe ist, sagt, daß er in demselben Zustande bleibe: so sagt man es auch von einem Körper, der in Bewegung ist, so lange er sich mit einerley Geschwindigkeit und Richtung bewegt. Also in einerley Zustande bleiben heißt nichts anders als entweder in Ruhe bleiben, oder dieselbe Bewegung fortsetzen. Diese Art zu reden hat man eingeführt, um unser Principium kürzer so auszudrücken: jeder Körper bleibt vermöge seiner Natur, in seinem einmaligen Zustande so lange, bis eine äußere Ursache diesen Zustand verändert; das heißt, ihn in Bewegung setzt, wenn er in Ruhe ist, oder seine Bewegung abändert. Man darf nicht glauben, daß dieses Verharren in demselben Zustande allemal das Bleiben an einerley Orte in sich schließt. Das geschieht freylich alsdann, wenn der Körper schon in Ruhe ist. Aber bewegt er sich, und bewegt sich mit einerley Geschwindigkeit und in einerley Richtung: so sagt man ebenfalls, daß er in seinem Zustande verharre, ob er gleich alle Augenblicke seinen Ort ändert. Diese Bemerkung ist nothwendig, um nicht die Veränderung des Zustandes mit der Veränderung des Ortes zu verwechseln. Fragt man nun, warum die Körper in demselben Zustande verharren: so muß man sagen: vermöge ihrer Natur. Alle Körper, in so fern sie aus Materie bestehen, haben nothwendig diese Eigenschaft, daß sie in ihrem Zustande verharren, wenn sie nicht durch eine äußere Ursache aus demselben gebracht werden. Diese allen Körpern eigene und ihnen wesentliche Eigenschaft, durch welche sie in ihrem Zustande, er mag Bewegung oder Ruhe seyn,

zu

zu bleiben suchen, heißt die Trägheit, und kommt allen Körpern eben so nothwendig als die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit zu; so daß ein Körper ohne Trägheit etwas unmögliches seyn würde. Dieses Wort Trägheit ist in der Philosophie zuerst von denen eingeführt worden, welche behaupten, alle Körper hätten eine Neigung zur Ruhe. Sie sehen die Körper für so faul als gewisse Menschen an, welche die Ruhe der Arbeit vorziehen, und schreiben den Körpern eben einen solchen Abscheu vor der Bewegung zu, als diese Menschen vor der Arbeit haben; da Trägheit ungefähr so viel heißt als Faulheit. Ob man nun gleich die Unrichtigkeit dieser Meynung erkannt und eingesehen hat; da die Körper sich in ihrem Stande der Bewegung eben so erhalten, wie im Stande der Ruhe; so hat man doch das Wort Trägheit beybehalten, um überhaupt die Eigenschaft aller Körper anzuzeigen, da sie sich in einerley Zustande, es sey der Bewegung oder der Ruhe, erhalten. Man kann sich also unter dem Worte Trägheit nichts anders denken, als einen gewissen Widerstand, den der Körper gegen alles leistet, was dazu abzielt, ihn aus seinem Zustande zu bringen. Denn weil ein Körper, kraft seiner Natur, in demselben Zustande der Bewegung oder der Ruhe verharrt: so muß es nothwendig eine äußere Ursache seyn, die ihn zwingt, seinen Zustand zu verlassen; und ohne diese würde er immer in demselben Zustande bleiben. Daher kommt es, daß man diese äußere Ursache eine Kraft nennt; ein Wort, das man oft braucht, und bey dem viele, die es brauchen, doch nur einen sehr unvollständigen Begriff haben. Aus dem, was ich gesagt habe, sehen Ew. H. daß Kraft alles das sey, was im Stande ist, den Zustand des Körpers zu verändern. Wenn also ein Körper, der in Ruhe war, in Bewegung gesetzt wird: so ist es eine Kraft, die ihn in Bewegung setzt; und wenn ein sich bewegender Körper Richtung oder

Geschwin-

Geschwindigkeit ändert: so ist es ebenfalls eine Kraft, die diese Aenderung hervorgebracht hat. Jede Aenderung in Richtung oder Geschwindigkeit der Bewegung erfordert eine Vermehrung oder Verminderung der Kräfte. Diese Kräfte sind allemal außerhalb des Körpers, dessen Zustand verändert wird, weil wir gesehen haben, daß ein Körper, der sich selbst überlassen ist, seinen Zustand behält, so lange keine Kraft von außen auf ihn wirkt. Folglich, wenn eine äußere Kraft den Zustand eines Körpers verändert: so widersteht die Trägheit, die ihn in demselben Zustande zu erhalten suchte, der Wirkung dieser Kraft; und daraus sieht man, daß die Trägheit eine Eigenschaft ist, die sich messen läßt, oder daß die Trägheit eines Körpers größer oder kleiner seyn kann als die Trägheit eines andern. Nun haben aber die Körper diese Trägheit, in so fern sie Materie enthalten. Ja, wir beurtheilen selbst die Quantität der Materie in einem Körper, bloß nach seiner Trägheit, oder dem Widerstande, den er gegen jede Bemühung zur Veränderung seines Zustandes leistet; und folglich ist die Trägheit eines Körpers um so viel größer, je mehr Materie er enthält. Wir sehen auch, daß mehr Kraft dazu gehört, den Zustand eines großen als eines kleinen Körpers zu verändern; und daraus schließen wir, daß drr große Körper mehr Materie enthalte als der kleine. Man kann sogar sagen, daß die Trägheit das einzige sey, was uns die Materie sinnlich macht. So viel ist also klar: daß die Trägheit eine Größe, und mit der Quantität der Materie, die ein Körper enthält, gleich sey. Und weil man nun die Quantität der Materie in einem Körper auch seine Masse nennt: so ist das Maaß der Trägheit und der Masse eines Körpers einerley. Hierauf schränkt sich also unsere Kenntniß der Körper im Allgemeinen ein. Wir wissen erstlich, daß alle Körper eine Ausdehnung von drey Dimensionen haben; zum andern, daß sie nndurchdring-

lich

lich sind; und daraus entspringt die allgemeine Eigenschaft derselben, die unter dem Namen Trägheit bekannt ist; vermöge welcher die Körper in ihrem Zustande verharren, das heißt, in Ruhe bleiben, wenn sie in Ruhe sind; und ihre Bewegung mit gleicher Geschwindigkeit und Richtung fortsetzen, wenn sie bewegt worden sind; und diese Fortdauer in demselben Zustande bleibt, bis eine äußere Kraft hinzu kommt, die eine Veränderung im Körper veranlasse. So oft der Zustand eines Körpers verändert wird, muß man die Ursache davon nicht im Körper, sondern außer ihm suchen; und diese Ursache ist eben das was man eine Kraft nennt.

den 8 Nov. 1760.

Fünf und siebenzigster Brief.

Das Grundprincipium der Mechanik, nebst dem Begriffe der Trägheit, das ich die Ehre gehabt habe Ew. H. zu erklären, setzt uns in den Stand, über eine Menge Erscheinungen in der Natur gründlicher zu urtheilen. Wenn wir also einen Körper in Bewegung sähen, der nach einer geraden Linie gleichförmig fortgienge, das heißt, einerley Richtung und Geschwindigkeit behielte: so würden wir nicht sagen, daß die Ursache von der Fortsetzung dieser Bewegung außer dem Körper liege, sondern daß sie in der Natur des Körpers selbst, und in der Trägheit desselben sey; eben so wie wir es seiner Trägheit zuschreiben würden, wenn der Körper in Ruhe bliebe. Wir hätten auch Grund, zu sagen, daß auf diesen Körper keine äußere Ursache wirken müsse; oder daß, wenn welche auf ihn wirken, ihre Kräfte sich wechselsweise aufheben, so, daß das Resultat davon eben das seyn müsse, als wenn gar keine Kraft da wäre. Die Frage also, warum der Körper sich so zu bewegen fortführe, hätte gar keine Schwierigkeit. Aber wenn man fragte, warum

um er angefangen hat, sich zu bewegen: so wäre die Sache ganz anders. Alsdann müßte man antworten, daß diese Bewegung ihm durch eine äußre Kraft wäre mitgetheilt worden, vorausgesetzt, daß er zuvor in Ruhe gewesen sey. Aber die Größe dieser Kraft ließe sich unmöglich bestimmen, weil vielleicht keine Spur mehr von ihr übrig wäre. Das ist also eine ziemlich lächerliche Frage: wer im Anfange der Welt zuerst jedem Körper seine Bewegung mitgetheilt habe; oder wer der erste Beweger sey? Die, welche diese Frage aufwerfen, geben einen Anfang der Welt, und folglich eine Schöpfung zu. Ich frage sie also hinwiederum: ob sie es für leichter halten, einen Körper in Ruhe, als ihn bald anfangs in Bewegung zu erschaffen? Beydes setzt auf gleiche Art die Allmacht Gottes zum Voraus; und diese Frage gehört eigentlich nicht mehr in das Gebieth der Philosophie. Aber sobald ein Körper eine Bewegung bekommen hat, erhält er sich auch kraft seiner Natur oder seiner Trägheit in der Bewegung, die so lange unverändert fortdauren muß, bis eine fremde Ursache, das heißt, eine Kraft, ihn darinnen stört. So oft wir also einen Körper seinen Zustand verändern sehen, entweder, indem er aus der Ruhe sich zu bewegen anfängt, oder in der Bewegung seine Richtung und Geschwindigreit ändert: so müssen wir diese Veränderung einer Ursache außerhalb dem Körper zuschreiben. Z. E. wenn ein Stein, den ich aus der Hand lasse, herunter fällt: so muß die Ursache seines Falls außer dem Körper selbst liegen, denn es ist nicht seine eigene Natur durch die er fällt: es ist eine fremde Kraft und zwar eben die, welche man die Schwere nennt; folglich ist die Schwere keine innere Kraft der Körper, sondern die Wirkung einer außer ihnen existirenden. Dieß ist geometrisch gewiß, ob wir gleich diese äußern Kräfte, welche die Schwere hervorbringen, nicht kennen. Eben so ist es mit einem Steine, den man wirft; man sieht

wohl, daß der Stein sich weder in einer geraden Linie bewegt, noch seine Geschwindigkeit immer behält; aber das ist eben diese fremde Kraft der Schwere, die in dem Körper ohne Aufhören sowohl Geschwindigkeit als Richtung verändert. Ohne die Schwere würde der Stein in einer geraden Linie immer mit einer gleich großen Geschwindigkeit fortfliegen; und wenn während der Bewegung des Steins die Schwere plötzlich verschwände: so würde er fortfahren, sich gleichförmig nach einer geraden Linie zu bewegen, und würde dieselbe Richtung und Geschwindigkeit behalten, die er in dem Augenblicke hatte, da die Schwere aufhörte zu wirken. Aber da die Schwere, immer fortdauret: so darf man sich nicht wundern, daß man keine Bewegungen findet, wo die Richtung und Geschwindigkeit dieselben bleiben. Der Fall der fortdaurenden Ruhe kann allerdings statt finden, wenn man einen Körper so stark widerhält, daß er nicht fallen kann. So hält mich der Boden meiner Stube, daß ich nicht in den Keller falle. Aber auch selbst die Körper, die uns in Ruhe zu seyn scheinen, werden doch durch die Bewegung der Erde fortgetrieben, welche, da sie weder geradelinicht noch gleichförmig ist, diese Körper auch nicht in demselben Zustande läßt. Auch unter den himmlischen Körpern findet sich keiner, der sich in gerader Linie, und immer mit einerley Geschwindigkeit bewegte. Also verändern sie beständig ihren Zustand; und wir kennen auch die Kräfte, durch die er verändert wird, das sind nämlich die anziehende Kräfte, mit denen die himmlischen Körper auf einander wirken. Diese Kräfte kann man, wie ich schon bemerkt habe, als Wirkungen der feinen Materie ansehen, die alle himmlische Körper umgiebt, indem sie den ganzen Raum des Himmels ausfüllt. Aber wenn man auch die andere Meynung annimmt, daß die Attraction eine der Materie inhärirende Kraft sey; so bleibt diese Kraft doch dem Körper, auf den sie wirkt,

fremde.

fremde. So, wenn man sagt, daß die Erde von der Sonnen angezogen wird: gesteht man, daß die Kraft, die auf die Erde wirkt, nicht in der Erde selbst, sondern in der Sonne liege; weil in der That, wenn die Sonne nicht da wäre, diese Kraft nicht seyn würde. Unterdessen ist diese Meynung, daß die anziehende Kraft der Materie wesentlich sey, so vielen Schwierigkeiten unterworfen, daß es kaum möglich ist, ihr in einer vernünftigen Philosophie eine Stelle zu geben. Es ist immer sicherer, zu glauben, daß das, was man Attraction nennt, eine in der feinen Materie, die den ganzen Himmelsraum erfüllt, liegende Kraft sey, ob man gleich die Art und Weise ihrer Wirkung nicht kennt. Man muß sich einmal daran gewöhnen, seine Unwissenheit über eine Menge wichtiger Sachen zu bekennen.

den 11 Nov. 1760.

Sechs und siebenzigster Brief.

Nachdem ich Ew. H. die nothwendige Wahrheit des Grundsatzes erwiesen habe, daß alle Körper sich durch sich selbst, in demselben Zustande der Ruhe sowohl, als der Bewegung erhalten: so merke ich an, daß, wenn man bloß die Erfahrung darüber zu Rathe zöge, ohne durch Schlüsse die Sache zu untersuchen, man gerade auf das Gegentheil kommen, und annehmen müßte, alle Körper hätten eine Neigung beständig ihren Zustand zu verändern; denn alles was wir in der Welt sehen, ist eine beständige Veränderung in dem Zustande der Körper. Aber wir haben die Ursachen dieser Veränderungen gefunden, und wissen, daß sie nicht in dem Dinge, dessen Zustand verändert wird, sondern außer ihm liegen; wodurch also unser Satz so wenig bestritten wird, daß es ihn vielmehr bestätigt. Daraus werden Ew. H. leicht beurtheilen, wie sehr gewisse Philosophen irren, die

aus falschen Erfahrungen schließen, daß alle Körper eine Kraft haben, beständig ihren Zustand zu verändern. Das waren die Schlüsse des großen Wolfs: 1) Die Erfahrung zeigt uns, daß alle Körper beständig ihren Zustand verändern. 2) Alles, was im Stande ist den Zustand eines Körpers zu verändern, heißt eine Kraft. 3) Also haben alle Körper eine Kraft ihren Zustand zu verändern. 4) Also wendet jeder Körper eine Bemühung an, seinen Zustand zu verändern. 5) Diese Kraft kommt aber dem Körper nur zu in so fern er Materie enthält. 6) Also ist es eine Eigenschaft der Materie, beständig ihren Zustand zu ändern. 7) Nun ist die Materie aus einer Menge Theile zusammengesetzt, die man die Elemente der Materie nennt. 8) Weil aber das Zusammengesetzte nichts haben kann, was nicht in der Natur seiner Elemente gegründet sey: so muß jedes Element eine Kraft haben, seinen eigenen Zustand zu verändern. Diese Elemente sind einfache Wesen; denn wären sie aus Theilen zusammengesetzt: so würden nicht sie, sondern ihre Theile Elemente seyn. Nun heißt ein einfaches Wesen auch eine Monade. Folglich hat jede Monade eine Kraft beständig ihren Zustand zu verändern. Das ist der Ursprung von dem Systeme der Monaden, von denen Ew. H. oft werden haben reden hören, ob es gleich jetzt nicht mehr so viel Aufsehens als ehedem macht. In Ansehung der beyden ersten Sätze habe ich nichts zu sagen. Aber der dritte ist sehr zweydeutig, und in dem Verstande, in welchem man ihn nimmt, falsch.

Wenn man nicht sagen will, daß die Kräfte, die den Zustand der Körper ausmachen, von einem Geiste herkommen, so muß man einräumen, daß sie in Körpern liegen, aber nicht in dem Körper der die Veränderung leidet, sondern in andern; er selbst hat vielmehr eine entgegenstehende Kraft, sich in seinem Zustande zu erhalten. Weil also diese Kräfte in Körpern liegen: so

muß man sagen, daß, in so fern sich die Körper in einer Verbindung mit einander befinden, von ihnen die Kräfte, durch welche der Zustand anderer Körper verändert wird, herkommen. Daher ist der vierte Satz schlechterdings falsch; und aus allen vorhergehenden folgt vielmehr, daß jeder Körper eine Kraft habe in seinem Stande zu verharren, welches gerade das Gegentheil von dem ist, was diese Philosophen daraus geschlossen haben. Ich muß aber bemerken, daß der Name Kraft sehr unschicklich für diejenige Eigenschaft der Körper ist, durch welche sie sich in ihrem Zustande erhalten. Denn wenn man einmal unter Kraft, die Ursache einer Veränderung in dem Zustande eines Körpers versteht: so ist die Eigenschaft, die diesen Zustand zu erhalten sucht, vielmehr das entgegengesetzte von der Kraft. Es ist also ein bloßer Mißbrauch, wenn einige Schriftsteller der Trägheit, die diese Eigenschaft ist, den Namen der Kraft beylegen, und sie die Kraft der Trägheit nennen. Aber um nicht über Worte zu streiten, ob gleich dieser Mißbrauch zu großen Irrthümern verleiten kann, will ich wieder zu dem System der Monaden zurückkehren. Ist also der vierte Satz falsch, so sind es alle die folgenden auch, die unmittelbar aus diesem fließen. Also ist es falsch, daß die Elemente oder die Monaden, wenn es welche giebt, eine Kraft, ihren Zustand zu verändern haben sollten. Vielmehr muß das Gegentheil wahr seyn, daß sie die Eigenschaft haben, sich in demselben Zustande zu erhalten; und dadurch wird das ganze System der Monaden über den Haufen geworfen. Die Absicht seiner Anhänger ist, die Elemente der Körper in eben die Klasse von Dingen zu bringen, zu denen die Seelen und die Geister gehören, die ohne Widerspruch eine Kraft haben ihren Zustand zu verändern. So stellt sich z. B. indem ich schreibe, meine Seele beständig andre und andre Gegenstände vor; und diese Veränderungen sind ganz in der Seele selbst, und

in keiner Sache außer ihr gegründet. Davon bin ich ganz vollkommen überzeugt, daß ich über meine eigene Gedanken Herr bin; da hingegen alle Veränderungen, die in dem Körper vorgehen, durch eine ihm fremde Kraft gewirket werden. Setzen Ew. H. noch den unendlichen Unterschied dazu, der zwischen dem Zustande des Körpers, welcher aus nichts als der Richtung und der Geschwindigkeit der Bewegung besteht, und zwischen den Vorstellungen einer Seele ist: und Sie werden von der Unrichtigkeit der Meynungen der Materialisten völlig überzeugt werden; die einen Geist nur zu einer gewissen Mischung von Materie machen. Diese Art Leute haben gar keinen Begriff von der wahren Natur der Körper; ob dieß gleich die Meynung beynah aller starken Geister ist.

den 15 Nov. 1760.

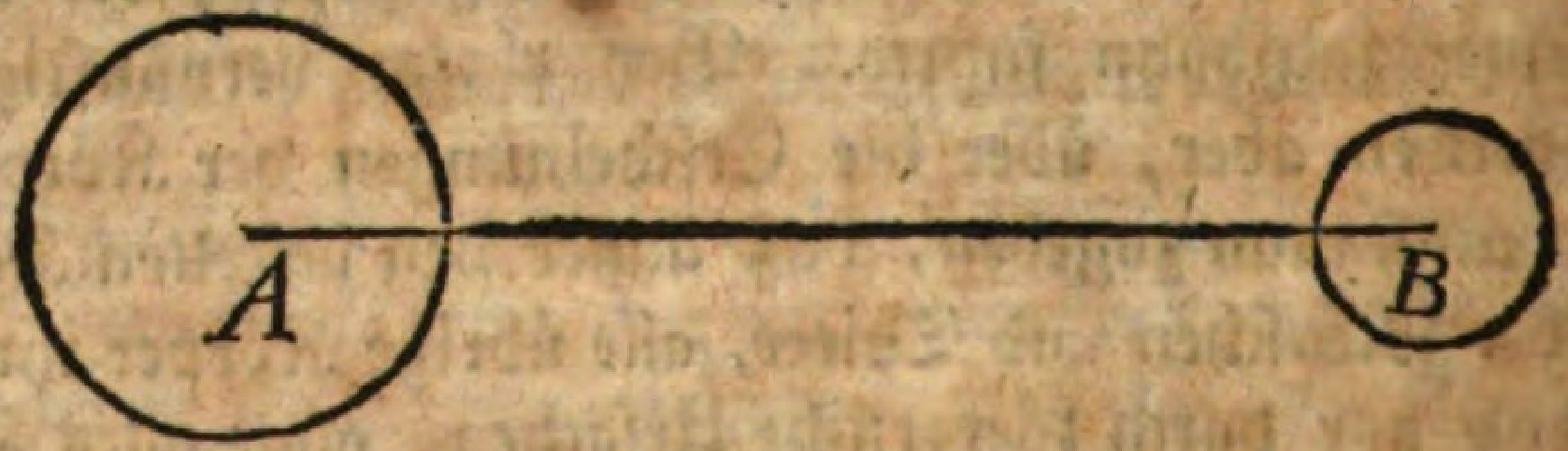
Sieben und siebenzigster Brief.

Ohne Zweifel muß es außerordentlich scheinen, daß, da jeder Körper eine natürliche Neigung hat, sich in demselben Zustande zu erhalten, und sich aller Veränderung zu widersetzen, zu gleicher Zeit alle Körper der Welt ihren Zustand beständig verändern. So viel wissen wir wohl, daß diese Veränderung nicht ohne eine Kraft geschehen kann, die außer dem Körper, dessen Zustand verändert wird, existirt. Aber wo muß man nun alle die Kräfte suchen, die diese beständige Veränderung aller Körper in der Welt wirken, und doch diesen Körpern selbst fremde sind? Muß man also außer den Körpern in der Welt, noch gewisse besondre Wesen annehmen, die diese Kräfte enthalten? Oder sind vielleicht diese Kräfte selbst besondre in der Welt existirende Substanzen? Wir kennen nur zwey Arten der Dinge in der Welt; die Körper, und die denkenden Wesen, wozu die Geister und die Seelen der Menschen gehören. Wird man also außer

Körper

Körper und Geist noch eine dritte Klasse von Dingen annehmen müssen; zu der eben diese Kräfte gehörten? Oder sind es die Geister, die den Zustand der Körper verändern? Beydes enthält so viel Schwierigkeit, daß man sich dabey nicht beruhigen kann. Denn wenn man auch nicht läugnen kann, daß die Seelen der Menschen und Thiere eine Kraft haben, den Zustand ihrer Körper zu verändern: so wäre es doch ungereimt, zu behaupten, daß die Bewegung, z. E. einer Kugel auf dem Billard, durch einen Geist aufgehalten und zum Stillstehen gebracht würde; oder daß die himmlischen Körper, in sofern sie Richtung und Geschwindigkeit in ihren Bewegungen verändern, dem Einflusse gewisser Geister unterworfen wären. Es war dieß in der That die Meynung einiger alten Philosophen, die jedem himmlischen Körper einen Geist oder einen Engel zugaben, der ihn auf seiner Laufbahn führte. Bey einem vernünftigen Nachdenken aber, über die Erscheinungen der Körperwelt, muß man zugeben, daß außer den beseelten Körpern der Menschen und Thiere, alle übrige Körper ihren Zustand nur durch körperliche Ursachen, ohne alles Zuthun der Geister verändern. Die ganze Frage also kommt darauf an, zu untersuchen, ob die Kräfte, die den Zustand der Körper verändern, abgesondert existiren, und eine eigene Klasse der Dinge ausmachen; oder ob sie in den Körpern befindlich sind? Die letzte Meynung scheint anfangs sehr fremde. Denn wenn alle Körper eine Kraft haben, sich in demselben Zustande zu erhalten, wie könnten sie zugleich eine Kraft haben, die diesen Zustand zu verändern suchte? Wenn man alle diese Schwierigkeiten zusammennimmt, so darf man sich nicht wundern, daß der Ursprung der Kräfte von je her der Stein des Anstoßes für alle Philosophen gewesen ist. Alle haben ihn als das größte Geheimniß der Natur angesehen, das ewig dem Scharfsinne der Menschen unergründ-

ergründlich bleiben würde. Unterdessen hoffe ich von diesem vorgegebenen Geheimnisse Ew. H. eine so deutliche Erklärung zu geben, daß alle Schwierigkeiten, die so unübersteiglich geschienen haben, verschwinden sollen. Ich sage also, welches sehr seltsam scheinen wird: eben die Eigenschaft der Körper, durch welche sie sich bemühen, sich selbst in eben demselben Zustande zu erhalten, ist auch die, welche die Kräfte hervorbringt, den Zustand der andern zu verändern. Ich sage nicht, daß ein Körper seinen eigenen Zustand jemals verändere, sondern, daß er fähig werden könne, den Zustand anderer zu verändern. Um Ew. H. dieses Geheimniß von dem Ursprunge der Kräfte begreiflich zu machen, ist es genung zwey Körper so zu betrachten, als wenn sie die einzigen in der Welt wären.



A sey in Ruhe. B bewege sich mit einer gewissen Geschwindigkeit nach der Richtung B A. Wird dieses angenommen, so muß der Körper A suchen immer in Ruhe zu bleiben, und B immer seine Bewegung nach der geraden Linie B A mit einerley Geschwindigkeit fortzusetzen; beyde vermöge ihrer Trägheit. Der Körper wird folglich endlich so weit kommen, daß er den Körper A berührt. Aber was wird nun geschehen? So lange der Körper A in Ruhe bleibt, so lange kan B seine Bewegung nicht fortsetzen, ohne mitten durch ihn hindurch zu gehen, das heißt, ihn zu durchdringen. Ohne daß sich die Körper durchdringen, ist es also unmöglich, daß beyde Körper in ihrem Zustande verharren. Aber ein solches Durchdringen ist unmöglich, weil die Undurchdringlichkeit eine schlech-

schlechterdings nothwendige Eigenschaft aller Körper ist. Weil sich also unmöglich beyde Körper in ihrem Zustande erhalten können: so muß entweder der Körper A anfangen sich zu bewegen, und dem Körper B Platz zu machen, damit dieser seine Bewegung fortsetzen könne; oder der Körper B, wenn er an A gekommen ist, muß auf einmal zum Stillestehen gebracht werden; oder der Zustand beyder Körper muß sich um so viel verändern, als nöthig ist, daß beyde alsdann in ihrem Zustande bleiben können, ohne sich zu durchdringen. Es müssen also schlechterdings entweder beyde Körper, oder einer von beyden eine Veränderung leiden, und die Ursache dieser Veränderung liegt ganz unfehlbar in der Undurchdringlichkeit der Körper. Weil also jede Ursache von der Veränderung des Zustandes in einem Körper Kraft heißt: so ist es nothwendig die Undurchdringlichkeit der Körper selbst, die die Kräfte zu ihrer Veränderung hervorbringt. In der That, weil die Undurchdringlichkeit nichts anders als die Unmöglichkeit ist, daß zwey Körper sich durchdringen sollten: so widersetzt sich jeder Körper dem Durchdringen, auch wenn es nur in seinen kleinsten Theilen geschehen sollte. Sich aber dem Durchdringen widersetzen, heißt nichts anders, als eine Kraft zur Verhinderung des Durchdringens äußern. Folglich ist allemal, so oft zwey Körper nicht ohne sich zu durchdringen, in ihrem Zustande verharren können, die Undurchdringlichkeit die Quelle der Kräfte, durch die sie ihren Zustand so weit verändern als nöthig ist, wenn keiner den andern durchdringen soll. Also in der Undurchdringlichkeit der Körper, liegt der wahre Ursprung der Kräfte, die den Zustand der Körper in unsrer Welt beständig ändern: und das ist die wahre Auflösung des Geheimnisses, das die Philosophen so lange beunruhigt hat.

den 18 Nov. 1760.

Acht und funfzigster Brief.

Durch diese Erklärung von dem wahren Ursprunge der Kräfte, welche den Zustand der Körper zu ändern im Stande sind, haben Ew. H. einen großen Schritt in der Kenntniß der Natur gethan; und Sie werden nun leicht begreifen, warum alle Körper dieser Welt, beständigen Veränderungen ihres Zustandes, er mag Ruhe oder Bewegung seyn, unterworfen sind. Erstlich ist es gewiß, daß die ganze Welt mit Materie angefüllt sey. Wir wissen, daß hier auf der Erde aller Raum zwischen den gröbern Körpern, die wir durch Gefühl erkennen, mit Luft angefüllt ist; daß, wenn man die Luft aus einem Orte wegnimmt, gleich der Aether in ihre Stelle tritt; und daß endlich eben dieser Aether den ganzen Raum zwischen den himmlischen Körpern erfüllt. Weil also alles voll ist: so kann sich kein Körper auch nur einen Augenblick bewegen, ohne auf andere Körper zu stoßen, durch die er durchdringen müßte, wenn er sich weiter fortbewegen, und sie doch in Ruhe bleiben sollten. Weil sie aber undurchdringlich sind, und vermöge ihrer Undurchdringlichkeit allenthalben und beständig eine Kraft anwenden, allem Durchdringen zuvorzukommen: so wenden sie auch eben die Kraft an, beständig den Zustand der andern Körper zu verändern; und es ist also, der Bemühung ungeachtet, mit der jeder Körper sich in seinem Zustande zu erhalten sucht, doch nicht widersprechend, daß wir beständige Veränderungen in dem Zustande der Körper wahrnehmen. Ließen sich die Körper frey durchdringen: so würde jeder ungehindert in seinem Zustande verharren. Aber weil sie undurchdringlich sind: so müssen auch daraus Kräfte entstehen, die stark genug sind, allem Durchdringen zu wehren. Diese Kräfte reichen nicht weiter, als nur soweit es nöthig ist, zu verhindern, daß kein Körper und kein Theil desselben den andern durchdringe.

dringe. Können die Körper in ihrem Zustande fortdauern, ohne andere zu durchdringen: so äußert die Undurchdringlichkeit keine Kraft; und die Körper dauern wirklich in ihrem Zustande fort. Bloß dann, wenn das Durchdringen verhindert werden soll, wird die Undurchdringlichkeit wirksam, und verschafft die Kräfte, die zu dieser Wirkung erforderlich sind. Wenn also eine kleine Kraft zur Verhinderung der Penetration genung ist: so äußert die Undurchdringlichkeit bloß diese kleine Kraft; aber auch wenn die größte nöthig ist: so ist die Undurchdringlichkeit im Stande sie zu verschaffen. Ob demnach gleich die Undurchdringlichkeit die Kräfte verschafft: so kann man ihr doch nicht eine gewisse bestimmte Kraft zuschreiben; sondern sie ist vielmehr im Stande alle Arten von Kräften, große und kleine, so wie es die Umstände erfordern, hervorzubringen; und sie ist eine unerschöpfliche Quelle derselben. Denn entweder müssen die Kräfte erregt werden, oder die Körper müssen sich durchdringen; und dieß wäre wider die Natur der Körper. Man muß aber noch merken: daß diese Kräfte niemals die Wirkung von der Undurchdringlichkeit eines einzigen Körpers, sondern vielmehr das Resultat von der Undurchdringlichkeit aller Körper zugleich sind. Denn wäre auch nur einer von zwey Körpern durchdringlich: so brauchte es keine Kraft mehr, den Zustand der Körper zu verändern. Wenn also zwey Körper so zusammenstoßen, daß sie, ohne sich zu durchdringen, nicht in ihrem Zustande bleiben können: so widersetzt sich die Undurchdringlichkeit beyder auf gleiche Art der Fortdauer dieses Zustandes; und durch beyde gemeinschaftlich wird also die Kraft erzeugt, die das Durchdringen hindert, und den Zustand verändert. In dem Falle sagt man, daß beyde Körper auf einander wirken: und die durch ihre Undurchdringlichkeit erzeugte Kraft ist die Ursache dieser gegenseitigen Einwirkung. Diese Kraft wirkt also auch auf beyde Körper zugleich: denn

da sie sich wechselsweise durchdringen sollten: so stößt sie beyde zurück, und verhindert auf diese Weise die Penetration. Es ist demnach gewiß, daß die Körper auf einander wirken können, und man redet so oft von der Wirkung der Körper, z. E. wenn zwey Kugeln auf dem Billard an einander stoßen, daß dieser Ausdruck Ew. H. nicht unbekannt seyn kann. Man muß bemerken, daß diese Wirkung sich nicht weiter erstreckt, als so weit ihre Undurchdringlichkeit leidet; und daraus entsteht gerade nur eine so große Kraft, als nöthig ist, um das Durchdringen zu verhindern; das heißt, eine solche, daß jede kleinere nicht mehr zu der Absicht hinreichen würde. Eine größere Kraft würde freylich auch das Durchdringen verhindern; aber sobald die Körper nicht mehr in Gefahr sind, sich zu durchdringen: sobald hört ihre Undurchdringlichkeit auf zu wirken; und es muß also die Kraft, die daraus entspringt, die kleinste mögliche seyn, die nur noch im Stande ist dem Durchdringen zuvor zu kommen. Ist nun die Kraft die kleinste, so muß auch ihre Wirkung, das heißt, die Veränderung des Zustandes, die dadurch hervorgebracht wird, die kleinste unter allen seyn, welche die Penetration verhindern können. Und wenn demnach bey dem Stoße zweyer Körper, die Fortdauer ihres Zustandes unmöglich wird, und daraus eine gegenseitige Einwirkung derselben entsteht: so ist diese Wirkung die kleinste, die nur möglich ist, wenn das Durchdringen verhütet werden soll. Hier finden also Ew. H. ganz unerwartet den Grund des so erhobenen und so bestrittenen Systems des Maupertuis, von der kleinsten Wirkung. Er versteht darunter, daß in allen Veränderungen die in der Natur geschehen, die Wirkung die sie hervorbringt, immer die kleinste mögliche sey. Auf die Art, wie ich dieses Principium Ew. H. vorgetragen habe, ist es in der Natur der Körper ganz augenscheinlich gegründet; und diejenigen thun sehr Unrecht, die es leugnen: aber die noch

größeres,

größeres, welche es verspotten. Ew. H. werden schon bemerkt haben, daß gewisse Leute, die eben keine Freunde vom Maupertuis sind, alle Gelegenheit ergreifen, sich über das Principium der kleinsten Wirkung, so wie über das Loch, das bis zum Mittelpunkte der Erde geht, lustig zu machen. Aber zum Glück verliert die Wahrheit dabey nichts.

den 22 Nov. 1760.

Neun und siebenzigster Brief.

Diese Entstehung der Kräfte aus der Undurchdringlichkeit der Körper, widerspricht nicht der Meynung, daß die Seelen der Menschen und Thiere eine Kraft haben, auf ihre Körper zu wirken. Es ist ja sehr wohl möglich, daß es zwey Arten der Kräfte gebe, die alle Veränderungen in der Welt hervorbringen; körperliche Kräfte, die aus der Undurchdringlichkeit der Körper entstehen; und geistige Kräfte, welche die Seelen der Thiere über ihre Körper ausüben. Aber diese letztere Klasse findet bloß bey den belebten Körpern Statt, die der Schöpfer so sehr von andern Körpern unterschieden hat, daß es dem Philosophen nicht erlaubt ist sie zu vermischen. Aber die Attraction, in so fern dieselbe eine innere Eigenschaft der Körper seyn soll, bekommt dadurch einen großen Stoß. Denn wenn die Körper nur dadurch auf einander wirken, indem sie ihre Undurchdringlichkeit erhalten: so kann die Attraction im eigentlichen Verstande, da sie nicht zu diesem Falle gehört, auch nicht Statt finden. Zwey von einander entfernte Körper können jeder in seinem Zustand fort dauren, ohne daß ihre Undurchdringlichkeit dabey verletzt werde; und es ist also keine Ursache, warum einer auf den andern, und noch dazu durch eine Anziehung wirken sollte. Wenigstens würde die Anziehung zu einer dritten Art von Kräften gerechnet werden müssen, die weder geistig noch körperlich wären. Es ist aber wider die Regel einer gesunden

Philosophie, neue Arten von Kräften einzuführen, ehe ihre Wirklichkeit unwidersprechlich bewiesen ist. Zu dem Ende müßte man zuvor erwiesen haben, daß es unmöglich sey, daß die Kräfte, durch die sich die Körper wechselsweise anziehen, in der feinen Materie, welche die Körper umgiebt, ihren Ursprung hätten; aber niemand hat noch diese Unmöglichkeit gezeigt. Es scheint vielmehr, daß eben darum der Schöpfer den ganzen Himmelsraum mit einer feinen Materie erfüllt habe, um diesen Kräften ihren Ursprung zu geben, welche die Körper gegen einander, und zwar nach dem Gesetze stoßen, das wir oben auf die Undurchdringlichkeit der Körper gebauet haben. In der That wäre ja wohl in dieser feinen Materie eine solche Bewegung möglich, daß ein Körper der sich darinnen befände, in seinem Zustande nicht bleiben könnte, ohne von ihr durchdrungen zu werden; und in dem Falle müßte nothwendig durch die Undurchdringlichkeit sowohl der feinen Materie als des Körpers selbst, eine solche Kraft erzeugt werden. Gäbe es in der Welt einen einzigen Fall, wo zwey Körper sich anzögen, ohne daß der Raum zwischen ihnen mit einer feinen Materie angefüllt wäre, so müßte man allerdings die Wirklichkeit der Attraction zugeben. Aber so einen Fall giebt es nicht; und man hat also Ursache an derselben zu zweifeln und sogar sie zu verwerfen. Wir kennen demnach nur zwey Quellen aller Kräfte, welche die Veränderungen der Körperwelt wirken, die Undurchdringlichkeit der Körper und die Handlungen der Geister. Die Wolfianer verwerfen die letzte, und behaupten, daß kein Geist auf einen Körper wirken könne. Wenn man ihnen sagt, daß also nach ihrer Meynung Gott selbst, da er ein Geist ist, nicht das Vermögen habe auf die Körper zu wirken, welches dem Atheismo sehr nahe käme: so geben sie darauf diese sehr kalte Antwort, daß Gott kraft seiner Unendlichkeit auf die Körper wirken könne. Aber ist es überhaupt einem Geiste, in so fern er ein Geist ist,

unmög-

unmöglich auf die Körper zu wirken: so muß dieses Unvermögen in Gott eben so wohl seyn als in den übrigen Geistern. Ferner, wer kann leugnen, daß unsere Seele auf unsern Körper wirke? Ich bin dergestalt Herr über meine Glieder, daß ich sie nach meinem Gefallen in Bewegung setzen kann. Eben das kann man auch von den Thieren sagen; und wenn man Recht hat über die Meynung des Cartesius zu spotten, daß alle Thiere bloße einer Uhr ähnliche Maschinen ohne Empfindung sind: so kann man es noch mehr über diese Philosophen, welche die Menschen selbst zu bloßen Maschinen machen.

Ja, diese Philosophen gehen gar so weit, daß sie auch die erste Art von Kräften leugnen. Denn weil sie nicht begreifen können, wie ein Körper auf einen andern wirke: so leugnen sie diese Wirkung gerade zu; und behaupten, daß alle Veränderungen, die in einem Körper geschehen, durch die eigne Kraft dieses Körpers hervor gebracht werden. Das sind eben die Philosophen, von denen ich schon mit Ew. H. zu reden die Ehre gehabt habe, welche das erste Principium der Mechanik von der Fortdauer des einmaligen Zustandes leugnen; und das ist schon genug ihr ganzes System über den Haufen zu werfen. Die Ursache ihrer Verirrung ist, wie ich schon bemerkt habe, ein falsches Raisonnement über die Erscheinung der Körperwelt. Weil alle Körper beständig ihren Zustand verändern: so schlossen sie übereilt, daß also alle Körper in sich selbst Kräfte, ihren Zustand zu verändern, enthalten müßten; und sie hätten vielmehr das Gegentheil daraus schließen sollen. So stürzt uns eine flüchtige und obenhin angestellte Untersuchung der Dinge in die gröbsten Irrthümer. Den Fehler des obigen Schlusses habe ich Ew. H. schon gezeigt. Dieser Fehler zog andere nach sich, bis sie endlich zu den ungereimtesten Meynungen gebracht wurden. Erstlich übertrugen sie diese innere Kräfte auf die ersten Elemente der Materie,

und

und gaben diesen die beständige Bemühung, ihren Zustand zu verändern; dem zu folge nahmen sie an, daß alle Veränderungen, die in jedem Elemente vorgehen, durch die eigene Kraft desselben gewirkt werden; und daß zwey Elemente oder einfache Wesen nicht auf einander wirken können. Nach dieser Voraussetzung mußten sie nun auch den Geistern, weil sie ebenfalls einfache Wesen sind, die Kraft auf den Körper zu wirken absprechen, wovon sie doch aber Gott ausnahmen. Ferner, da die Körper aus einfachen Wesen bestehen: so mußten sie auch das Vermögen der Körper auf einander zu wirken leugnen. Wenn man ihnen die Erfahrung von dem Stoße der Körper und der Veränderung, die in dem Zustande derselben durch den Stoß vorgeht, entgegen setzt: so antworten sie: daß hier die Veränderung jedes Körpers durch die eigene Natur desselben hervor gebracht werde; daß der Stoß dabey nichts thue; und daß es ein bloßer Betrug der Sinne sey, wenn wir den Stoß für die Ursache ansehen. Sie rühmen sich deswegen sehr der Erhabenheit ihrer Philosophie, die der Pöbel nicht begreifen könne. Ew. H. sind nunmehr selbst im Stande darüber den Ausspruch zu thun.

den 25 Nov. 1760.

Ende des ersten Theils.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Euler, Leonhard, 1707-1783

Briefe an eine deutsche Prinzessinn über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie

Bd.: 1

Leipzig 1773

Phys.g. 114 n-1/3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10130990-4
VD18 80281060-001